

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERAS AMBIENTALES**

**TEMA:  
PLAN DE REFORESTACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR INCENDIOS  
FORESTALES NIVEL 2 EN LA COMUNIDAD PESILLO - CANTÓN CAYAMBE**

**AUTORAS:  
ALBA YOLANDA GUALAN BERMEO  
KERLY ANDREA ORBE REYES**

**TUTOR:  
CARLOS ANDRES ULLOA VACA**

**Quito, agosto del 2019**

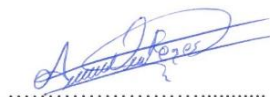
## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras Gualán Bermeo Alba Yolanda con documento de identificación N° 1105636441 y Orbe Reyes Kerly Andrea con documento de identificación N° 1719666487, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: Plan de reforestación de zonas afectadas por incendios forestales nivel 2 en la comunidad Pesillo - cantón Cayambe, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERAS AMBIENTALES, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Alba Yolanda Gualán Bermeo  
1105636441



Kerly Andrea Orbe Reyes  
1719666487

Agosto, 2019

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el, Trabajo Experimental con el tema **PLAN DE REFORESTACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES NIVEL 2 EN LA COMUNIDAD PESILLO - CANTÓN CAYAMBE** realizado por Alba Yolanda Gualán Bermeo y Kerly Andrea Orbe Reyes, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto 2019



Carlos Andrés Ulloa Vaca  
1716457971

## DEDICATORIA

Con todo el amor a mis forjadores de camino, mis pilares fundamentales, mis padres Romelio y María que con su sacrificio diario han logrado educarnos a mí y a mis hermanos para ser personas de bien, por darme la confianza y la oportunidad de cumplir un sueño más, el poder construir mi vida profesional, gracias por enseñarme a ser perseverante ante las adversidades y por demostrarme que un sacrificio siempre vale la pena. A ti madre por cada una de tus palabras de aliento que me ayudaron a no decaer y seguir en adelante.

A mis hermanos Cristina y Tupak por creer en mí, por la paciencia y el apoyo moral brindado durante toda mi vida, a mis pequeñas sobrinas Thaliana y Samia que con su inocencia y dulzura me transmiten muchas alegrías.

A mis abuelitos Mariana y Manuel que con sus experiencias vividas me impartieron muchos consejos, por todo el cariño y amor que dedican a toda la familia.

Alba

A Dios, por ser mi guía quien me permitió llegar a este punto de mi carrera. A mi padre Juan, que desde el cielo estará muy orgulloso por ver que hoy puedo alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida, gracias por tu confianza y palabras de aliento, fuiste centro de motivación e inspiración, aun tus recuerdos brillan en mi corazón, y con ellos una sonrisa porque a pesar del tiempo que ha pasado desde tu partida, formas parte de mi vida.

A mi madre Rosario, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, eres y serás el pilar y la luz de mi vida, gracias por haber depositado en mí tu amor y tus anhelos, te amo con todo mi corazón. A mis hermanas, Doris y Adriana, por su cariño y alegría, nunca bajaron los brazos para que yo tampoco lo haga aun cuando todo se complicaba.

Para ustedes mis pequeños y amados sobrinos Adrián y Leyre, quienes con su inocencia de la niñez me han dado hermosos momentos que he vivido día a día.

A mi novio y amigo Edgar, con quien comparto intereses y metas, tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en las situaciones más tormentosas siempre motivándome. Me ayudaste hasta donde te era posible, incluso más que eso. Gracias por demostrarme que cuento contigo.

Los Amo, Andrea.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, a Dios por bendecirnos, guiarnos en nuestras vidas y permitirnos cumplir una meta más. A la Universidad Politécnica Salesiana por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años, a sus docentes que con sus enseñanzas y guías permitieron nuestro crecimiento profesional. A nuestro director de tesis Carlos Ulloa, quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación. A la comunidad de Pesillo por el acompañamiento, generosa colaboración y tiempo valioso brindado, durante todas las actividades realizadas en campo.

Considerando que un trabajo investigativo es siempre fruto de ideas y esfuerzos que pueden aportar otras personas. En este caso agradecemos de manera especial al Ing. Fabián Calispa por la amabilidad de aportar con sus ideas y conocimientos, a la señora Graciela Alba gobernadora de la comunidad de Pesillo, a los señores Oscar Neftalí y Carlos Lechón habitantes de la comunidad, y a nuestros compañeros Hoover Jaramillo y Edgar Veloso por su ayuda y paciencia.

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
2.1. Objetivo General:.....	8
2.2. Objetivos Específicos .....	8
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
3.1. Normativa legal.....	9
3.1.1. Constitución de la república del Ecuador .....	9
3.1.2. Convenio sobre la Diversidad Biológica .....	10
3.1.3. Convenio de Estocolmo.....	10
3.1.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua .....	10
3.1.5. Código Orgánico Integral Penal .....	11
3.1.6. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre .....	11
3.1.7. Política de ecosistemas andinos del Ecuador .....	11
3.2. Páramos en el Ecuador.....	12
3.3. Tipos de páramos en el Ecuador .....	14
3.4. Importancia de los páramos .....	15
3.5. Biodiversidad de especies .....	16
3.6. Suelo de páramo.....	17
3.7. Características de los suelos de páramo.....	17
3.8. Servicios ambientales que proporcionan los páramos .....	18
3.9. Que es un incendio forestal.....	19
3.10. Como se produce un incendio forestal .....	19

3.11.	Efectos de los incendios forestales en los páramos.....	20
3.12.	Tipos y características de los incendios forestales .....	20
3.13.	Niveles de incendios forestales .....	21
3.14.	Alteraciones del suelo producto de un incendio forestal.....	21
3.15.	GEI provenientes de los incendios forestales .....	22
3.16.	Condiciones ambientales de los páramos de Pesillo .....	23
3.16.1.	Temperatura.....	23
3.16.2.	Precipitación .....	24
3.16.3.	Tipo de clima.....	24
3.16.4.	Altitud.....	25
3.16.5.	Flora y Fauna .....	26
3.16.6.	Hidrología.....	26
3.16.7.	Suelos .....	27
3.17.	Variables consideradas para el análisis de suelo de los páramos de Pesillo .....	28
3.17.1.	Materia orgánica .....	28
3.17.2.	pH .....	29
3.17.3.	Textura.....	30
3.17.4.	Conductividad eléctrica .....	31
3.17.5.	Nitrógeno total.....	32
3.17.6.	Fósforo.....	33
3.17.7.	Potasio .....	34
3.17.8.	Hierro.....	35
3.17.9.	Cobre .....	35
3.17.10.	Zinc .....	35
3.17.11.	Boro .....	36
3.18.	Requerimientos Nutricionales para la reforestación .....	36
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
4.1.	Diseño .....	38
4.1.1.	Revisión bibliográfica y obtención de información .....	38
4.1.2.	Descripción de la zona de muestreo .....	38
4.1.3.	Actividades productivas de la zona .....	39

4.2.	Población y muestra.....	39
4.2.1.	Muestreo de suelo.....	39
4.3.	Materiales.....	40
4.4.	Método utilizado para la determinación de zonas de riesgo .....	41
4.5.	Método de análisis de parámetros en laboratorio .....	41
4.6.	Método para la estimación de GEI .....	42
4.6.1.	Método del IPCC .....	42
4.7.	Consideraciones éticas .....	46
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
5.1.	Establecimiento de zonas de riesgo de incendio forestal mediante el uso de mapas 47	
5.2.	Identificación de las diferencias de fertilidad de suelos en zonas con y sin perturbación. ....	49
5.2.1.	pH .....	49
5.2.2.	Conductividad eléctrica .....	50
5.2.3.	Materia orgánica .....	51
5.2.4.	Nitrógeno total.....	53
5.2.5.	Fosforo (P).....	54
5.2.6.	Potasio (K).....	55
5.2.7.	Textura.....	56
5.2.8.	Hierro, cobre, zinc y boro.....	57
5.3.	Estimación de las emisiones producidas por incendios forestales.....	59
5.4.	Plan de reforestación para las zonas afectadas por los incendios forestales.....	60
5.4.1.	Objetivo .....	60
5.4.2.	Fundamentación .....	60
5.4.3.	Metodología.....	62
5.4.4.	Selección de especies.....	65
5.4.5.	Sistema de siembra y/o plantación .....	77
5.4.6.	Vivero .....	78
5.4.7.	Costos de vivero .....	80
5.4.8.	Mantenimiento.....	81
5.4.9.	Plan de concientización ambiental .....	81



5.4.9.1.	Objetivo General .....	82
5.4.9.2.	Objetivo específico.....	82
5.4.9.3.	Desarrollo .....	82
5.4.9.4.	Beneficios de incentivar la conciencia ambiental .....	84
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
6.1.	Conclusiones .....	86
6.2.	Recomendaciones .....	88
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>89</b>
	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>97</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
Anexo 1:	Formulación de Encuestas .....	98
Anexo 2:	Delimitación del área de estudio.....	98
Anexo 3:	Muestreo de puntos en las dos zonas de estudio.....	100
Anexo 4:	Formato de encuestas.....	105
Anexo 5:	Resultados encuestas.....	106
Anexo 6:	Tablas de análisis de pH, MO, nitrógeno total, macronutrientes.....	108
Anexo 7:	Resolución del ejercicio propuesto .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la comunidad de Pesillo .....	5
Figura 2: Delimitación y técnica de muestreo de las zonas quemadas.....	7
Figura 3: Mapa de las zonas de riesgo.....	48
Figura 4: Valores de pH en páramos con y sin perturbación .....	50
Figura 5: Valores de conductividad eléctrica en páramos con y sin perturbación .....	51
Figura 6: Valores de materia orgánica en páramos con y sin perturbación.....	52
Figura 7: Valores de nitrógeno total en páramos con y sin perturbación .....	53
Figura 8: Valores de fósforo en páramos con y sin perturbación.....	54
Figura 9: Valores de potasio en páramos con y sin perturbación.....	55
Figura 10 Sistema de siembra a implementarse .....	78
Figura 11: Estructura del vivero .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Contenido de materia orgánica.....</i>	29
Tabla 2	<i>Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH.....</i>	29
Tabla 3	<i>Valores de pH determinados en agua .....</i>	30
Tabla 4	<i>Contenido de arena, limo y arcilla en las clases texturales del suelo .....</i>	31
Tabla 5	<i>Clasificación de los suelos de acuerdo a su conductividad eléctrica .....</i>	32
Tabla 6	<i>Clasificación del suelo según su contenido de nitrógeno total .....</i>	33
Tabla 7	<i>Clasificación del suelo según su contenido de fósforo.....</i>	34
Tabla 8	<i>Clasificación del suelo según su contenido de Potasio.....</i>	34
Tabla 9	<i>Requerimientos nutricionales .....</i>	37
Tabla 10	<i>Valores de combustible disponible, provocado por incendios en distintos tipos de vegetación.....</i>	44
Tabla 11	<i>Valores del factor de emisión .....</i>	45
Tabla 12	<i>Factores de combustión sin dimensión.....</i>	46
Tabla 13	<i>Coordenadas UTM de las zonas de riesgo.....</i>	47
Tabla 14	<i>Análisis de textura en páramo afectado de la comunidad de Pesillo .....</i>	56
Tabla 15	<i>Análisis de textura en páramo no afectado de la comunidad de Pesillo .....</i>	56
Tabla 16	<i>Análisis de micronutrientes en páramo afectado de la comunidad de Pesillo.....</i>	57
Tabla 17	<i>Análisis de micronutrientes en páramo no afectado de la comunidad de Pesillo.....</i>	58
Tabla 18	<i>Resultados del ejemplo .....</i>	60
Tabla 19	<i>Especies arbustivas .....</i>	66
Tabla 20	<i>Especies herbáceas.....</i>	70
Tabla 21	<i>Especies arbóreas.....</i>	74
Tabla 22	<i>Cronograma de actividades para el vivero.....</i>	79
Tabla 23	<i>Estimación de costos del vivero .....</i>	80
Tabla 24	<i>Cronograma de actividades del plan de concientización ambiental.....</i>	85
Tabla 25	<i>Análisis de pH en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo .....</i>	108
Tabla 26	<i>Análisis de conductividad eléctrica en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo .....</i>	109
Tabla 27	<i>Análisis de materia orgánica en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo .....</i>	109
Tabla 28	<i>Análisis de nitrógeno total en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo .....</i>	110
Tabla 29	<i>Análisis de macronutrientes en páramo afectado de la comunidad de Pesillo...</i>	110
Tabla 30	<i>Análisis de macronutrientes en páramo no afectado de la comunidad de Pesillo .....</i>	111

## RESUMEN

Tomando en cuenta que los páramos del Ecuador son ecosistemas con gran diversidad de fauna y flora, fundamentales en la hidrología no solo del país si no del mundo, surge la necesidad de desarrollar un Plan de Reforestación de zonas que han sido afectadas por incendios forestales, en el cual se reflejan las especies nativas y su forma de propagación para realizar la reforestación, de esta manera recuperar el ecosistema páramo y mantener los servicios ambientales que el mismo nos provee.

Por esta razón, se realiza una evaluación en dos zonas con y sin perturbación sobre los efectos provocados por incendios forestales en los suelos de los páramos de la comunidad de Pesillo, mediante el análisis de parámetros físicos y químicos que nos ayudaron a obtener los requerimientos nutricionales necesarios para la restauración de la vegetación nativa del sector.

Al analizar los resultados se concluyó que algunos de los parámetros muestran gran diferencia entre la zona afectada con respecto a la zona no afectada, claro ejemplo de esto es la presencia de mayor cantidad de materia orgánica en la zona afectada.

Utilizando un método gráfico se presenta una descripción detallada sobre la identificación de zonas propensas a riesgos forestales a causa de factores antropogénicos.

Además, mediante referencias bibliográficas se determinó el método adaptable para el cálculo de los gases de efecto invernadero provenientes de las quemas forestales.

**Palabras clave:** incendio, páramo, suelo, reforestación, plantas nativas.

## **ABSTRACT**

Taking into account that the moors of Ecuador are ecosystems with great diversity of fauna and flora, fundamental in hydrology not only in the country but also in the world, there is a need to develop a Reforestation Plan for areas that have been affected by forest fires, in which the native species and their form of propagation are reflected to carry out the reforestation, in this way recover the moorland ecosystem and maintain the environmental services that it provides us.

For this reason, an evaluation is carried out in two areas with and without disturbance on the effects caused by forest fires in the soils of the moors of the community of Pesillo, through the analysis of physical and chemical parameters that helped us obtain the nutritional requirements necessary for the restoration of the native vegetation of the sector.

When analyzing the results, it was concluded that some of the parameters show a great difference between the affected areas with respect to the unaffected area, a clear example of this is the presence of more organic matter in the affected area.

Using a graphic method, a detailed description is presented on the identification of areas prone to forest risks due to anthropogenic factors.

In addition, the adaptive method for calculating greenhouse gases from forest burning was determined through bibliographic references.

**Key words:** fire, paramo, soil, reforestation, native plants

## **1. INTRODUCCIÓN**

Durante las últimas décadas los incendios forestales han afectado grandes extensiones de tierra, afectando directamente la gran riqueza de flora y fauna que poseen los páramos, los mismos que debido a su ubicación geográfica han permitido que sean zonas que proveen servicios ecosistémicos de importancia tanto económica, biológica e hidrológica, siendo esta última la más relevante por ser lugares de vertientes de aguas naturales, las cuales han sido aprovechadas por las comunidades para su consumo y para las actividades agrícolas, que se desarrollan en un escenario en el que cambio climático, es un actor principal y que produce sensibles afectaciones tanto al ambiente como a la población. Es por esto, que se propone desarrollar el Plan de Reforestación para los páramos afectados por incendios forestales en la comunidad de Pesillo en el cantón Cayambe, tomando en cuenta que gracias a los servicios ambientales que estos proporcionan, la comunidad ha logrado subsistir económicamente debido a las actividades turísticas que allí se realizan.

Actualmente el conocimiento de los riesgos que el cambio climático acarrea es de vital importancia para la sociedad en su conjunto, ya que estos pueden presentarse tanto a nivel urbano como rural, haciendo necesaria la toma de decisiones de instancias políticas que son las encargadas de planificar, proponer y ejecutar medidas que mitiguen el cambio climático. En vista que la emisión de gases de efecto invernadero por la actividad humana está aumentando, y que los incendios son una problemática en los páramos del Ecuador (Yáñez, 2016), es importante proponer un método de cuantificación de emisiones debido a los incendios forestales teniendo en cuenta las condiciones del área de estudio.

En Pichincha, cantón Cayambe, el último incendio forestal registrado se expandió por las cimas de las lomas de las localidades de Pesillo, Zuleta y Angochagua, situadas en la zona que unen las provincias de Pichincha e Imbabura afectando alrededor de 1500 hectáreas de pajonales y vegetación nativa. (SNGR, 2017).

El problema se origina, entre otras causas, por la presión de la población sobre las tierras del páramo para utilizarlas en actividades agropecuarias y de forestación. Al no haber más “tierras disponibles” para las labores agropecuarias y ante la falta de apoyo para la diversificación de las actividades productivas, las comunidades andinas no tienen otra alternativa que avanzar hacia los páramos propiciando el cambio de uso de dichas tierras. La actividad agropecuaria implica quema de rastrojos que “estorban” para el desarrollo de las labores culturales, siendo la causa más común de los incendios forestales, ya que en muchas ocasiones no se han podido controlar debido a la poca responsabilidad y a las situaciones climáticas que han contribuido significativamente, expandiéndose hacia otras áreas de páramos adyacentes.

De acuerdo al registro en la comunidad, la última catástrofe ocurrido en los páramos se dio el 24 de octubre del 2018, en el sector de Yanajaca (vertientes de peñas negras), Palta Pucara, Yanta ladera, la quema fue controlada por los propios comuneros y los bomberos de Cayambe. Donde relatan que existían fuertes turbulencias de fuego, “el viento fue uno de los factores principales para que el fuego se propague a las alturas, con ramas, machetes, ropa mojada y con otras herramientas ingresamos al páramo para apagarlo, desde lo lejos se podía ver como las llamas consumían la vegetación” nos comentaba Don Carlos Lechón quien actualmente forma parte de la directiva de la comunidad en el área de Ambiente.

Una de las pocas actividades productivas que estas familias desarrollan en los páramos y que les permite obtener ingresos económicos es la elaboración de carbón; pero para esta tarea se requiere madera para lo cual recurren a los últimos relictos de los bosques andinos propiciando la deforestación y creando condiciones para la presencia de los incendios forestales.

Otra causa de los incendios forestales en los páramos es la idiosincrasia de los habitantes de estos lugares que consideran que, con la quema de la paja seca, resultado de la presencia del verano, esta rebrota nuevamente con las primeras lluvias de la siguiente temporada invernal y les permite disponer de alimento fresco para su ganado (González & Rodríguez, 2013).

Finalmente, los incendios forestales en los páramos se generan por la presencia eventual de turistas que desarrollan sus actividades sin precaución, o premeditadamente encienden la paja para la captura de conejos.

Cada año sufren de estos problemas, a pesar del esfuerzo por parte de las autoridades de Pesillo, que realizan capacitaciones, talleres, etc., a cerca de estas catástrofes, sin embargo, no han logrado concientizar a la población. La gran mayoría tiene claro que los incendios forestales dañan el ecosistema, piensan que es la única herramienta para desarrollar sus trabajos en campo

La justificación para este cambio de uso se dice que las tierras de páramo pueden ayudar a mejorar la economía de las comunidades asentadas en tierras altas; de allí que, durante los últimos años las tierras altas andinas están siendo utilizadas en planes de forestación, además



con el argumento de contribuir a la reducción de la erosión del suelo y a la captura del carbono atmosférico.

En muchas ocasiones los incendios forestales son eventos necesarios para que algunas especies puedan soltar sus semillas las mismas que se trasladarán a un pedazo de tierra donde podrán crecer. Estos incendios benefician de manera importante la productividad del suelo ya que eliminan capas gruesas de hojas muertas haciendo que el suelo sea cada vez más fértil, lo que permite el crecimiento de plantas nuevas (Mataix J. , 2011), es importante entonces enfocarse en la elaboración de un Plan de reforestación de las zonas afectadas, puesto que el páramo es el principal proveedor de agua para las poblaciones asentadas en las zonas bajas (Buytaert, Iñiguez, & De Bièvre, 2007). En la reforestación se debe imperativamente pensar en el uso de especies nativas, ya que este tipo de especies por ser propias del sector se adaptan fácilmente a las condiciones ambientales de la zona (Estrella, 2001).

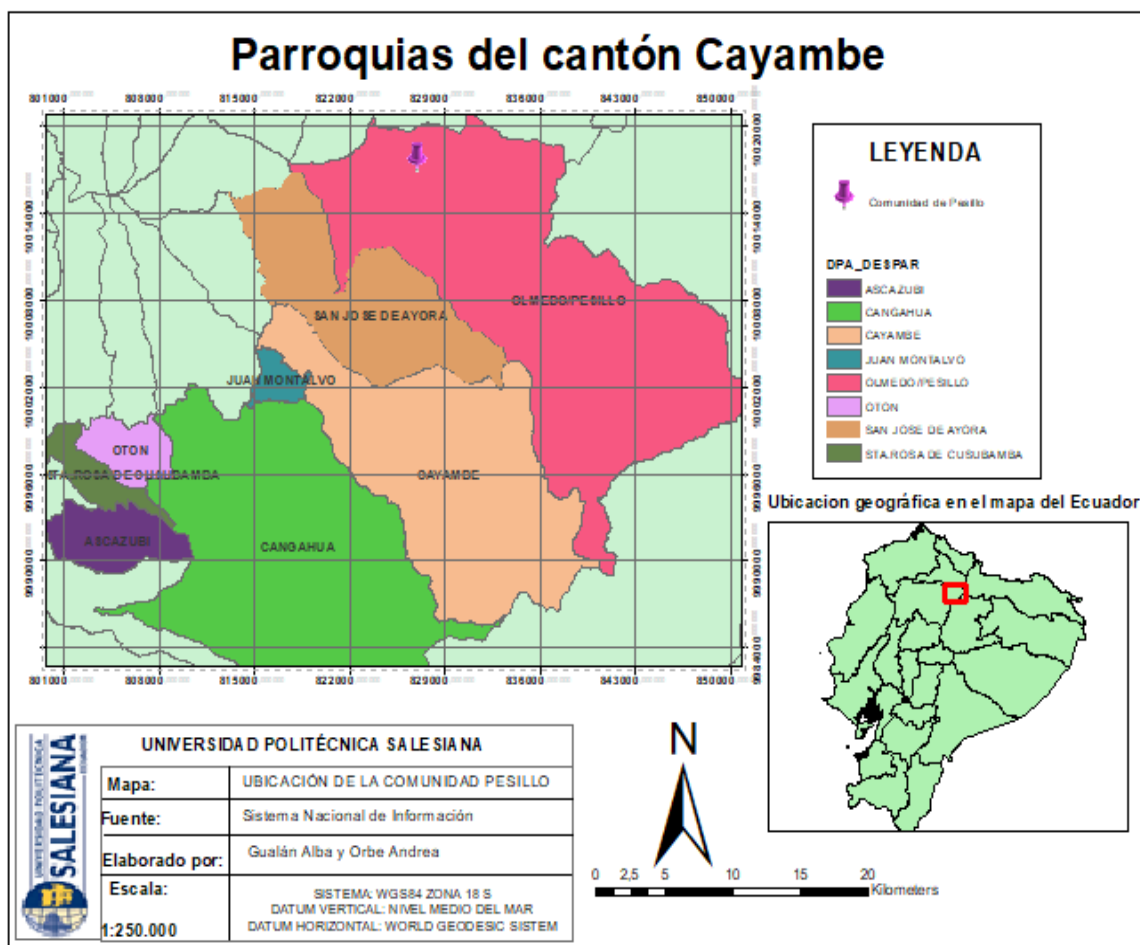
Mediante la realización de este trabajo se busca dotar a las y los miembros de la comunidad de Pesillo de una herramienta metodológica que les permita reponer de forma rápida la vegetación que se ha perdido a causa de los incendios forestales. Si bien la paja rebrota después de un incendio o de haber sido cortada, porque se trata de una especie perenne, los arbustos y árboles en cambio, tienen problemas para su restitución ya que requieren de suficiente material vegetativo y/o de sus semillas para su propagación. Por este motivo este trabajo pone énfasis en la reforestación de especies nativas arbustivas y herbáceas en un proceso que emita la sucesión ecológica.

Los resultados de este trabajo son importantes porque contribuirán a la restitución de la vegetación nativa en los páramos en menor tiempo que lo que se logrará en condiciones naturales; de esta manera se beneficiara a las familias de las comunidades locales que podrán

disponer de agua, madera, leña, hierba y recolección de frutos silvestres en menos tiempo, y de manera indirecta se beneficiara a las poblaciones asentadas en las partes bajas que podrán seguir contando con el abastecimiento de agua provenientes de las partes altas.

La comunidad de Pesillo se localiza en el cantón Cayambe, provincia de Pichincha, altitud de 2830 msnm. Sus parroquias urbanas: Juan Montalvo y Cayambe, parroquias rurales: Ascázubi, Otón, Olmedo, Ayora, Santa Rosa de Cusubamba y Cangahua.

*Figura 1:* Ubicación de la comunidad de Pesillo



*Nota.* Fuente: Autoras

Pertenece a la parroquia Olmedo, con coordenadas 0°10'0,001''N de latitud y 78°4'0,001''W de longitud, se encuentra a una distancia 16 Km de Cayambe. Está conformada por 9 comunidades entre estas Pesillo, sus límites geográficos son: al norte está limitada con el Cerro Cusín hasta llegar a la quebrada de Santa Rosa, al sur se encuentra el cerro Sarahurco el mismo que va hasta la cima del nevado Cayambe, al este se localiza el río Pimampiro hasta el río Azuleta y oeste limitada con el curso del río San José (Gobierno Parroquial, 2015).

La delimitación de la zona de estudio tuvo como unidades de observación a la población local de la comunidad de Pesillo, la flora y fauna de los páramos de los sectores que tienen como nombre de: Tanda Ladera, Palta Pucará y Yanajaca (vertiente de peñas negras).

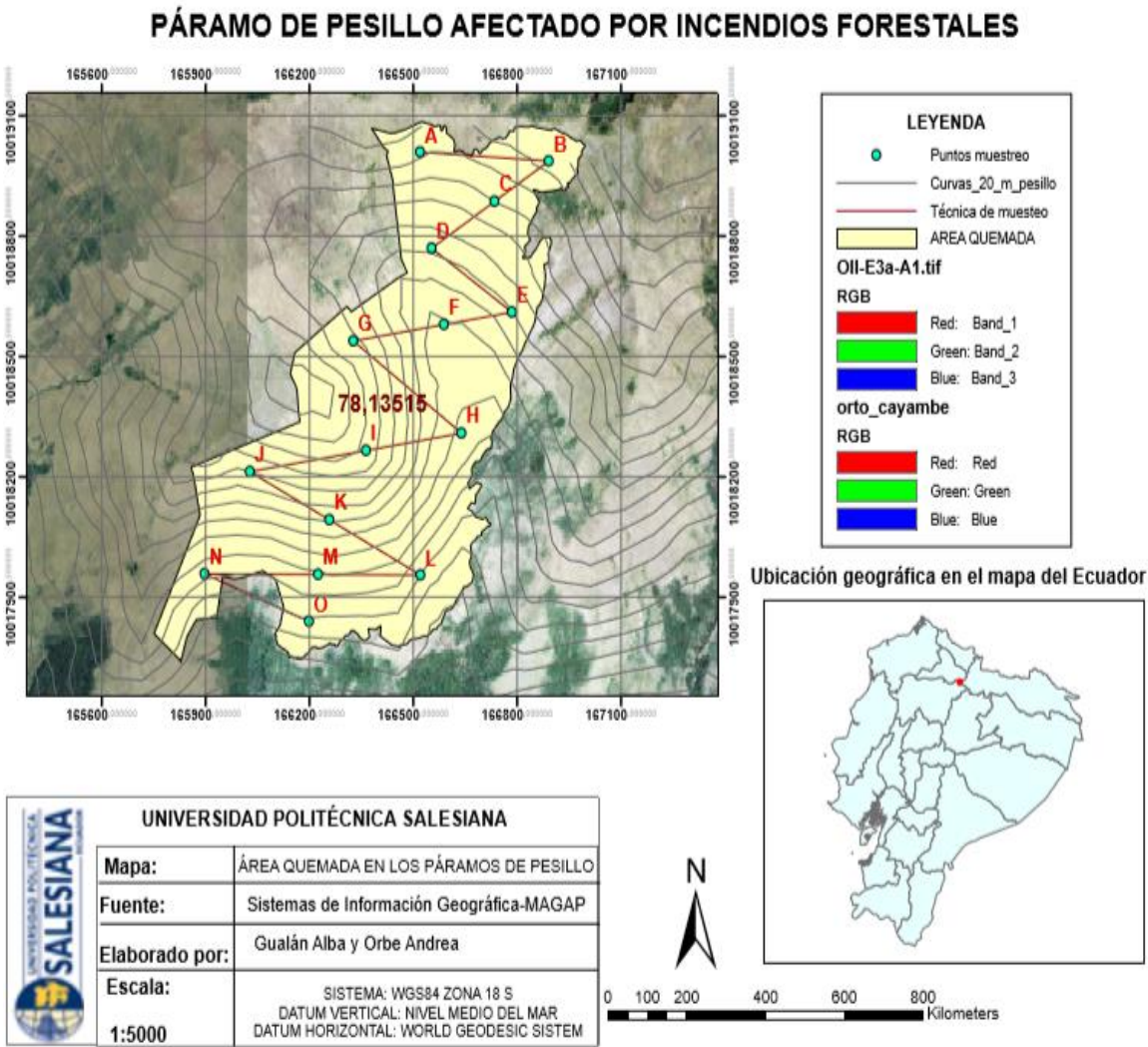
Hemos visto necesario el uso de un sistema de información geográfica que nos permitirá obtener las coordenadas de la zona de estudio, el mismo que mediante el uso de datos de un GPS nos permitió delimitar la zona que ha sido afectada por incendios forestales en el año 2018.

Las lomas de Yanta ladera, Palta pucará y Yanajaca fueron delimitadas mediante la toma de puntos recolectados en campo, los cuales permitieron crear una base de datos espacial para finalmente obtener una proyección utilizando el paquete informático de ArcGis en la zona afectada.

La zona delimitada fueron mapeadas con la ayuda de 2 GPS (Magellan: Triton) que ayudaron posteriormente a representar la superficie de estudio con cada una de las coordenadas recolectadas a medida que se caminaba por los linderos de las áreas

afectadas. Esto permitió que los puntos no se superpongan y al finalizar se garantice una mayor precisión con la información recolectada.

Figura 2: Delimitación y técnica de muestreo de las zonas quemadas



*Nota.* Fuente: Autoras

Se tomaron alrededor de 322 puntos durante el recorrido de los linderos de la zona afectada, registrando la posición actual en el camino, los mismos que al pasarlos al computador y transformar los datos nos dio como resultado el área que ha sido afectada por incendios forestales

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General:**

Realizar el plan de reforestación de una zona históricamente afectada por incendios forestales

### **2.2. Objetivos Específicos**

- 1: Establecer las zonas de riesgo de incendio forestal mediante el uso de mapas.
- 2: Establecer las diferencias de fertilidad de los suelos mediante el análisis de las características físico-químicas del suelo de zonas con y sin perturbación.
- 3: Estimar las emisiones producidas por incendios forestales en Pesillo Cantón-Cayambe mediante referencias bibliográficas.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Normativa legal**

##### **3.1.1. Constitución de la república del Ecuador**

Dentro de la Constitución se establece los derechos a la naturaleza y como parte de ella a los páramos, varios de los artículos han reconocido la protección de la misma. A partir del art. 12 se encuentra consagrado el Sumak Kawsay (Buen vivir), estos son derechos que buscan el vivir armónicamente y con dignidad mediante la convivencia, conciencia de respeto natural, ambiental, espiritual y cultural entre la naturaleza y las personas.

En el art. 14 derecho de las personas a vivir en un ambiente sano, donde los elementos que lo conforman deberán estar libre de contaminación, con el objetivo de garantizar la calidad de vida para los pobladores presentes y futuras (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 28).

Los derechos de restauración de la naturaleza se establecen el en Art. 72, tiene como propósito implementar políticas de restauración para garantizar la conservación del patrimonio genético del país (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 58).

Como parte fundamental para la vida también se establecen los derechos al agua, en el cual se garanticen la calidad, cantidad y accesibilidad, para satisfacer las necesidades de los habitantes como alimentación, salud, entre otros. es derecho el acceso al agua a todas las personas sin discriminación alguna y del Estado garantizarlo, por tanto, este líquido vital deberá encontrarse libre de contaminación.

Art. 12 “el derecho al agua es fundamental e irrenunciable” (Constitución de la república del Ecuador, 2008), es un derecho primordial para el desarrollo y sobrevivencia de toso los seres vivos (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pág. 28).

### **3.1.2. Convenio sobre la Diversidad Biológica**

Esta normativa internacional tiene la finalidad de proteger la biodiversidad, garantizando su desarrollo sustentable. Art 8 literal f) “Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas mediante elaboración y aplicación de planes” (Convenio sobre Diversidad Biológica, 1995, pág. 7).

### **3.1.3. Convenio de Estocolmo**

En el principio 2 establece que los recursos naturales deberán preservarse para el beneficio presente y futuro de las personas mediante la planificación y ordenación, siendo de gran importancia para la conservación de los páramos

En el principio 19 establece la educación ambiental para los jóvenes y adultos con el fin de mantenerlos bien informados, con la intervención del Estado para la difusión de la conservación y protección de los ecosistemas especialmente de lo más frágiles (Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, 2004).

### **3.1.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua**

Se consideran que los páramos que están formados de pantanos, lagunas, riachuelos los cuales son suministros de agua potable y riego. En el Art 12 de esta ley nos habla sobre su protección, conservación y recuperación: “El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable, juntas de riego, consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo del páramo” (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua, 2014, pág. 6).

### **3.1.5. Código Orgánico Integral Penal**

De los incendios forestales Art. 246 establece: “la persona que provoque directa o indirectamente incendios o instigue la comisión de tales actos, en bosques nativos, plantados o páramos, será sancionado con pena privativa de libertad de 1 a 3 años”. Estas penas establecidas garantizan la conservación del ecosistema, es importante señalar que la mayoría de las quemas son producidas en tierras destinadas para la agricultura donde no existe prohibición alguna (COIP, 2014, pág. 39).

### **3.1.6. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre**

Se establece como funciones del Ministerio de Ambiente Art. 5 literal b) “velar por la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos forestales y naturales existentes”, en el páramo existe una gran diversidad de especies forestales y la población muchas veces ha sobrexplotado los servicios ecosistémicos de los mismos.

De las plantaciones forestales Art. 14 literal a) establece como prioridad realizar la forestación y reforestación “en cuencas de alimentación de manantiales, corrientes y fuentes que abastezcan agua” (Ley N°. 2004-017, 2004, pág. 6).

### **3.1.7. Política de ecosistemas andinos del Ecuador**

De acuerdo a la constitución del Ecuador, se declara de interés público la conservación de la biodiversidad del país y de todos sus componentes. Además, que la región Andina conformada por grandes extensiones de páramos, humedales y bosques contiene un alto valor ecológico debido a su endemismo de flora y fauna.

Debido a la degradación constante de los ecosistemas especialmente de áreas de montaña el Ministerio del Ambiente propuso desarrollar las primeras Políticas para Ecosistemas Andinos del Ecuador “PEAE”, las mismas que se han focalizado principalmente en conservar



y manejar de manera sustentable los ecosistemas altoandinos, apoyando la participación de las poblaciones aledañas a estas zonas en la toma de decisiones y que de esta manera sean parte del cuidado, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales que el páramo ofrece. De esta manera se da mayor valor ecológico a cada uno de los servicios ambientales que las zonas de páramo proporcionan, garantizando de esta manera su calidad y permanencia

En resumen, algunas de las políticas por parte de la PEAE es para distintos tipos de ecosistemas como lo es el páramo con algunas recomendaciones y limitaciones. Las mismas que impulsan la conservación, el aprovechamiento y el manejo adecuado de los recursos naturales ya que los páramos son considerados áreas frágiles (Gonzalez, Ordoñez, & Narváez, 2011, págs. 3-15).

Es importante mencionar que el estado ha intervenido de manera lógica y directa en la conservación de los páramos, un ejemplo claro de esto es la conformación de reservas ecológicas, las mismas que se encargarán del cuidado y preservación de áreas naturales, especialmente de zonas con importantes extensiones de áreas de páramo. Además, se ha implementado incentivos económicos dentro de las comunidades para que se puedan mantener estas zonas de fauna y flora endémicas.

### **3.2.Páramos en el Ecuador**

Los páramos del Ecuador se caracterizan por su riqueza y biodiversidad en especies, poseen un clima frío y habitualmente húmedo, siendo típico la presencia de pequeñas garúas aun en épocas secas (junio, julio y agosto) y la neblina. A ciertas altitudes los páramos son predominado por la paja y especies vegetales que cumplen funciones primordiales para estas zonas, como la conservación de agua.

Los páramos del Ecuador es una colección de ecosistemas, según Holdridge la clasificación de las zonas de vida se basa en 3 parámetros principales: precipitación media anual, biotemperatura media anual y la evapotranspiración potencial, de acuerdo a estos criterios los páramos se forman a una altitud de 2900 msnm 3500 msnm, con vegetación dominada por hierbas que forman agregados densos y adaptadas bajas temperaturas; los mismos que son de gran importancia para la captación y retención de la humedad del ambiente, estos juegan un papel fundamental no solo en la hidrología del país, si no en la del continente ya que muchos de los afluentes de la cuenca del Amazonas tienen como inicio de su caudal el páramo (Holdridge, 2000).

La distribución de los páramos se determina por los paisajes y ecosistemas que se encuentra en altitudes de 3500 -4800 msnm, en la zona ecuatorial del planeta. Su extensión inicia desde Venezuela hasta el norte del Perú. De acuerdo a Beltrán y sus colaboradores, el Ecuador tiene aproximadamente 1'337.119 ha de área total en sus páramos, en el que se incluye: pajonales, vegetación geliturbada y bofedales, es decir que el 5% ocupan los páramos dentro del territorio nacional, convirtiendo al Ecuador en uno de los países que más paramos tiene a nivel del mundo en relación a su extensión (Beltran, Salgado, Cuesta, Cádenas, & Velástegui, 2009).

Sin embargo, en Sudamérica hay países que poseen ecosistemas pequeños y diversos (Perú, Venezuela, Costa Rica, Colombia y Panamá) que son de gran importancia. Hablando en términos ecológicos, según Flores y colaboradores existen páramos idénticos con respecto a la altitud y la posición netamente tropical, ubicadas en la alta montaña de África y en zonas tropicales de Asia y Oceanía (Flores, Groten, Lugo, & Vásconez, 2012, pág. 15).

### 3.3. Tipos de páramos en el Ecuador

A nivel mundial se pueden encontrar varios tipos de páramos, de manera general en el Ecuador se puede hacer una clasificación de dos tipos, páramos secos y páramos húmedos. A continuación, se hace un breve detalle de cada uno de ellos:

**Páramos secos.** - a pesar que la mayoría de los páramos tienen la característica de ser húmedos, también existen lugares en el Ecuador que poseen propiedades opuestas, como la vertiente occidental del Chimborazo que soy muy secos, aquí se albergan gran variabilidad de plantas y animales que son endémicas del país. Este tipo de páramo se puede comparar con los ecosistemas de Perú y Bolivia llamados punas (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012).

**Paramos húmedos.** – se las puede encontrar hacia la parte de la cordillera Oriental, se puede mencionar a la cordillera del Cóndor, donde se forman vegetaciones llamadas “parapáramo oriental”, específicamente se localizan sobre las crestas de la cordillera, tienen un alto valor endémico y especiación (Anhalzer & Lozano, 2006).

También se pueden clasificar los páramos andinos según la vegetación dominante que poseen. Los páramos típicos estas cubiertas por grandes extensiones de pajonales, en el norte del país se pueden encontrar un páramo especial dominado por el género *Espeletia*, conocidos comúnmente como frailejones, estos se originan en Venezuela y alcanzan hasta las provincias de Carchi y Sucumbíos. En el sur del país se pueden encontrar un páramo particular de arbustos como es el caso del Parque Nacional Podocarpus en las provincias de Zamora Chinchipe y Loja (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012, pág. 16).

Finalmente se puede hacer una clasificación según su altitud:

**Subpáramo.** – con altitudes de 3000-3800 msnm, una de las características es que poseen elementos de los bosques andinos, con temperaturas entre 7 - 4 °C y precipitaciones de 850 a 1700 mm.

**Páramo.** - comprendidas entre 3800-4500 msnm de altitud, aquí se presenta con frecuencia la neblina, precipitaciones de 1000-1500 mm y con temperaturas de 3-4 °C. Dentro de este ecosistema se alberga una gran cantidad de áreas protegidas.

**Súper páramo.** - se ubican en la parte más alta de la montaña, cerca de las cumbres y las nieves, al tener condiciones duras en términos de clima y suelo, son muy pocas de las plantas que aquí se pueden desarrollar., poseen temperaturas entre 3 a 0 °C.

### **3.4. Importancia de los páramos**

Los páramos son zonas de gran importancia debido a que son áreas de gran interés tanto el ámbito económico, social, cultural como en el ámbito biológico e hidrológico. Son ecosistemas que poseen infinita variedad de fauna y flora únicas y propias del lugar, y debido a sus condiciones climáticas, da como resultado que muchas especies tanto vegetales como animales que se han ido adaptando a esta zona no se encuentren en ningún otro ecosistema en el mundo (Hofstede & Mena Vásconez, 2000, págs. 9-32).

Otro aspecto de gran importancia, es que son reconocidos como lugares propios para la distribución de especies ya que permiten el intercambio de genes y son zonas consideradas como hábitat de especies emblemáticas como el oso y el cóndor.

Varios autores coinciden que el recurso hídrico es la principal importancia del páramo, como lo mencionan el grupo de trabajo en Páramos del Austro (GTPA) “regulador y fuente de agua para las poblaciones andinas”; como ya se conoce los páramos son ecosistemas sofisticados encargados de la acumulación de agua, gracias a la gran cantidad de materia

orgánica que se almacena y a la morfología de ciertas especies de flora que actúan como esponjas (Carpio, Maldonado, Mena, & Rodríguez, 2012).

Algo importante de mencionar también es que los páramos andinos son hogares de las comunidades campesinas e indígenas, que han sido marginados desde hace mucho tiempo atrás por parte de grupos poderosos, sin embargo, ellos han visto a este ecosistema como un medio de sustento para sobrevivir de manera deliberada o forzada (Camacho, 2014, pág. 81).

### **3.5. Biodiversidad de especies**

En el Ecuador existe una variedad de especies endémicas, haciéndolas únicas a nivel mundial tanto en flora como en fauna manifiestan adaptaciones especiales, entre ellas tenemos la *Espeletia spp*, las rosetas gigantes *Puya spp* (achupallas), la más común *Stipa ichu*, vegetación encargada de crear microclimas en su interior denominadas almohadillas, en altitudes más inferiores se encuentran arbustos pequeños como la Chuquiraga e inclusive se han adaptado plantas arbóreas ( *Polylepis spp*, *Buddleja spp.*) en fin hay una infinidad de flora presente en los páramos ecuatorianos.

En cuanto a la fauna se pueden mencionar algunas especies como *Treemarctos ornatos*, *Sylvilagus brasiliensis*, *Eleutherodactylus sp.*, *Vultur gryphus*, variedad de colibríes entre las que se destaca *Oreotrochilus stella*, reptiles como *Atelopus ignescens* (lagartija guagsa) entre otras especies. Existen también animales introducidas que se han adaptado a las condiciones de los páramos como las alpacas (*Lama pacos*), vicuñas (*Vicugna vicugna*) y los camélidos (*Lama glama*), estas han sido de gran utilidad para los habitantes de los Andes desde hace miles de años (De la Cruz, Mena, Morales, & Ortiz, 2009).

El páramo ecuatoriano tiene alrededor de 10 tipos de páramos donde se incluyen elementos climáticos, biogeográficos, antropogénicos y vegetaciones, entre ellos se encuentra: páramo de pajonal el más conocido y extenso, páramo de frailejones típicas de las

provincias del Carchi y Sucumbíos, páramo seco se puede encontrar en las faldas del volcán Chimborazo y el páramo arbustivo ubicada en el sur del país Loja- Zamora (Parque Nacional Podocarpus) (De la Cruz, Mena, Morales, & Ortiz, 2009).

La biodiversidad disminuye a medida que se aparta del nivel del mar hasta las altas montañas, sorprendentemente en los páramos existe una variabilidad en sus formas de vida, con una elevada cantidad de flora y fauna, que por sus características han logrado adaptarse a los factores extremos que presentan los páramos, haciéndolos distintos y únicos en cada lugar del planeta (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012).

### **3.6.Suelo de páramo**

Proviene del latín *solum* que significa fondo, es una de las partes fundamentales para que se desarrolle la vida sobre la tierra (De la Rosa, 2008). Representa una mezcla de partículas que han sido producto de la erosión de las rocas, además está formada por agua y aire los mismos que proporcionan los elementos nutritivos a la vegetación (Navarro Blaya S. &., 2003).

### **3.7. Características de los suelos de páramo**

Los páramos están formados a partir de roca volcánica producto de actividades de los mismos, es por esta razón en su composición poseen cantidades representativas de ceniza y piedra pómez. Debido a las condiciones climáticas propias de la zona con temperaturas bajas, mucha humedad y mucho viento en los suelos de páramo hay poca actividad biológica. La humedad que presentan los suelos de páramo ayuda en su evolución.

Por lo general este tipo de suelos poseen un color negro, esto se debe a que en su mayoría contienen grandes cantidades de materia orgánica, son resistentes a procesos erosivos y se

caracterizan por su alta tasa de retención de agua (Podwojewski & Poulenard, 2000, págs. 6-16).

### **3.8. Servicios ambientales que proporcionan los páramos**

Los páramos no solo son considerados zonas ricas en biodiversidad, si no también son la principal fuente generadora de beneficios económicos, ecológicos y sociales. Es un ecosistema de gran importancia debido a su alta tasa de retención de agua, la cual se utiliza para el consumo y actividades diarias de las comunidades que se localizan alrededor de los mismos. Además, es una de las principales fuentes de generación de energía eléctrica para el país (Quintero, 2010).

Debido a su clima, vegetación y suelo los páramos son considerados microistemas que se encargan de regular, recoger y distribuir el agua de manera constante.

Son muchos los servicios ecosistémicos que los páramos prestan de manera directa e indirectamente al ser humano, el más pronunciado es la captación y regulación de agua, destinadas exclusivamente al consumo doméstico, riego dentro de la agricultura y utilizada para la generación hidroeléctrica. En el Ecuador, los habitantes que viven en las altas montañas andinas, desde hace muchos años atrás han desarrollado modos de vida dependiendo de los servicios del páramo (Gerrero, 2009).

El suelo de páramo se ha convertido en un reservorio natural de carbono atmosférico el mismo que va aumentando debido al calentamiento global. Este tipo de suelos contienen importantes cantidades de materia orgánica lo que hacen que pueda llegar acumular carbono similar a la cantidad que se puede encontrar en la zona de vegetación densa.

### **3.9. Que es un incendio forestal.**

Desde tiempos muy remotos este fenómeno es considerado como una propagación del fuego, el cual puede ser de manera libre o no programada, producto de esto la quema de bosque y áreas silvestres ya sea por incendios naturales o artificiales, es importante mencionar que la quema de bosques destruye un importante sumidero de dióxido de carbono atmosférico (Castillo M., 2003, págs. 44-53).

Sin embargo, los incendios forestales naturales incluyen una quema no planificada de cierta área de vegetación debido a rayos mientras que los incendios forestales inducidos por el hombre son el resultado de la práctica de la quema no autorizada y controlada de áreas silvestres todo esto para obtener tierras aptas para el cultivo (Pausas, 2012).

### **3.10. Como se produce un incendio forestal**

Los incendios forestales se pueden generar de manera natural cuando existen épocas secas que provocan el calentamiento de la zona o por alguna intervención humana, siendo esta última necesaria y controlada como para la agricultura o por la presencia de personas que son ajenas al sector llamados también pirómanos, que de alguna u otra manera provocan este tipo de catástrofes eliminando flora y fauna propia del sector.

El abundante carbón vegetal en los suelos forestales evidencia que han sido afectados por este tipo fenómenos naturales y antropogénicos convirtiéndose en un importante almacenador de grandes cantidades de carbono (Goltenboth, Langenberger, & Widmann, 2006).

Durante las temporadas secas prolongadas, el estrés de la sequía, hace que la vegetación presente en un sector pierda sus propiedades de estructura y composición haciendo que las



misma se sequen y se acumulen lo que provoca que en estas épocas se de una rápida propagación de un incendio incontrolado (Ídem).

### **3.11. Efectos de los incendios forestales en los páramos**

Es de suma importancia evitar los incendios forestales ya que provocan no solo la pérdida de fauna y flora si no también, son los causantes de la erosión del suelo, la pérdida de plantas que generan oxígeno y con ello se ve afectado el clima de la zona. Es también importante evitar los incendios forestales en los páramos debido a que pueden ser los causantes de la disminución del caudal de agua provenientes de estos ecosistemas.

Una de las razones que actualmente es considerada como la más importante para evitar los incendios forestales es que, como producto de los mismos debido a la emisión de carbono y otros elementos que son nocivos al medio ambiente, se ve un continuo incremento del efecto invernadero en el planeta. Además como consecuencia en áreas boscosas el impacto económico tiene un valor significativo debido a la gran cantidad de madera que se ve afectada (Castillo M., 2003).

### **3.12. Tipos y características de los incendios forestales**

Se pueden mencionar tres tipos de incendios forestales de acuerdo a la vegetación que esté presente:

1. **Los incendios superficiales.** - Son los menos considerables puesto que el fuego se extiende de manera horizontal sobre el terreno. La vegetación que se directamente se ve afectada son pastizales, arbustos, troncos, humus, los mismos que se pueden encontrar desde la superficie del suelo hasta 1.5m de altura.
2. **Los incendios de copa.** - (Aéreos) son considerados los más peligrosos ya que se

propagan con mayor velocidad consumiendo en su totalidad la vegetación presente en el sector además de ser de difícil control generando grandes cantidades de humo.

3. **Los incendios subterráneos.-** Son de bajo interés ya que no generan llama, se producen por la acumulación de minerales que se encuentran bajo el suelo, sin embargo cuando se presentan pueden ser considerados peligrosos (SEGOB, 2013).

### **3.13. Niveles de incendios forestales**

De acuerdo al plan de prevención y respuesta a incendios forestales emitido por los Bomberos del DMQ podemos considerar 3 tipos niveles:

- ✓ Nivel 1: son considerados incendios de pequeña magnitud, afectan directamente a superficies que van desde 0,5 ha a 2 ha.
- ✓ Nivel 2: son incendios de mediana magnitud, afectan a superficies que van desde 2,1 ha a 10 ha.
- ✓ Nivel 3: son los más peligrosos, llamados también incendios de gran magnitud y afectan a superficies que van de 10,1 ha en adelante.

### **3.14. Alteraciones del suelo producto de un incendio forestal**

Los incendios forestales tienen impactos de gran importancia sobre todos los componentes del ecosistema, dando a lugar que la afectación directa a la vegetación de una zona implique alteraciones en los microclimas del sector. Pero es importante mencionar que la mayor afectación se da a los suelos ya sea a nivel tanto de sus propiedades físicas, químicas y biológicas generando severos daños en su productividad (Ulibarry U, 2017).

Entre los impactos más relevantes que sufre el suelo a consecuencia de un incendio forestal es la destrucción de microorganismos, reducción de nitrógeno, generación de erosión, pérdida de nutrientes, disminución de la materia orgánica y por ende la alteración de

la vegetación propia de la zona. Producto de un incendio forestal el pH del suelo que se ha visto afectado por este fenómeno se reduce, haciendo que este suelo sea ácido todo esto por el aporte de cationes como el Mg, Ca, P entre otros (Mataix S. J., 2000).

### **3.15. GEI provenientes de los incendios forestales**

Otro componente importante para este estudio son los gases de efecto invernadero (GEI), que están formados por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrógenos ( $\text{NO}_x$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).

El incendio forestal desprende gases y partículas que van directamente a la atmósfera, debido a la combustión de la biomasa existentes en los páramos, bosques, tierras aptas para la agricultura y praderas. Uno de los gases más importantes es el dióxido de carbono, según estimaciones la tasa anual de su concentración está aumentando en un 0.5%.

Durante un incendio forestal los gases más comunes que se generan es el dióxido de carbono, metano, monóxido de carbono entre otros gases. El carbono almacenado durante un periodo de tiempo en los árboles, es liberado como  $\text{CO}_2$  con gran facilidad y en cuestión de horas hacia la atmósfera. Por tal motivo si la cobertura vegetal no se regenera este gas permanecerá en la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global (Castillo, Pedernera, & Peña, Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global, 2003, págs. 44-48).

De acuerdo a varios pronósticos se dice que los próximos incendios forestales serán más agresivos y fuertes, gracias a los cambios que ha venido sufriendo las condiciones climáticas, ayudando cada vez más la propagación y la iniciación del fuego, generando efectos nocivos para la salud de las personas.

### **3.16. Condiciones ambientales de los páramos de Pesillo**

Nos referimos a condiciones ambientales a los factores geográficos y físicos, los cuales ayudan a determinar las posibilidades de crecimiento y desarrollo de las especies vegetales en un espacio y tiempo determinado.

En esta sección se da a conocer las condiciones ambientales del área afectada por incendios forestales, algunas de ellas tienen gran variabilidad como es el caso del clima, suelo y su altitud. Pero también se encuentran los que tienen menor variabilidad como la topografía la geomorfología entre otros. A continuación, se tratará los diferentes factores que intervienen en los páramos de Pesillo.

#### **3.16.1. Temperatura**

El lugar de estudio posee una temperatura entre 9-12 °C que es característico de los páramos andinos del Ecuador, este factor interviene en el crecimiento de las plantas, en bajas temperaturas constituyen una limitante de las mismas. Generalmente la altitud está relacionada directamente con la temperatura, ya que la temperatura tiende a bajar alrededor de 0,6 °C por cada 100 m de ascenso, aquí se explica que cuando las plantas no crecen con cierta altitud, es debido a que hay una baja o alta temperatura (Heerma, Aguirre, & Hofstede, 2001).

Es necesario también mencionar otros aspectos de la temperatura como es el caso de la presencia de heladas, que es muy común de los páramos de Cayambe, estos se originan por la baja temperatura, cuando su altitud es mayor; regularmente no suceden por debajo de los 3000 msnm.

### **3.16.2. Precipitación**

Es muy importante la presencia de agua para el desarrollo de las especies forestales. Primeramente, la precipitación es la cantidad de agua que llega a una superficie en un determinado tiempo, sin embargo, es muy difícil saber con exactitud esta cantidad, debido a que el país cuenta con una limitada de estaciones pluviométricas, y la mayoría se encuentran ubicadas a alturas no aptas para realizar la forestación (Heerma, Aguirre, & Hofstede, 2001).

Por tal razón no se puede predecir la cantidad de precipitación en una zona definida, especialmente para los páramos andinos ya que poseen una altitud superior a los 3000 msnm y el lugar donde se realiza la mayoría de plantaciones con especies forestales.

### **3.16.3. Tipo de clima**

Los páramos de Pesillo están definidos por las bajas temperaturas y la variación diaria con respecto al cambio estacional. La diversidad de especies forestales que se originan en estos paramos dependen de la relación entre los elementos del clima como: precipitación, nubosidad, humedad, temperatura, etc., con la altitud.

De acuerdo a la clasificación de (Jørgensen, Ulloa, Madsen, & Valencia, 1995) existen tres tipos de climas para la sierra ecuatorial:

**Clima ecuatorial mesotérmico seco.** - poseen temperaturas que van de 18 a 22 °C, con precipitaciones anuales de 500 mm, este tipo de clima se pueden encontrar en los valles interandinos.

**Clima ecuatorial mesotérmico semi – húmedo.** - contemplan temperaturas entre 10 y 20°C, registran precipitación de 500 a 2000 mm anuales, ocurren en altitudes menores a los 3200 msnm.

**Clima ecuatorial de alta montaña.** - suceden en altitudes superiores a los 3200 msnm, con temperaturas medias entre 8 y 12 °C y con una precipitación anual de 1000 a 2000 mm.

De acuerdo a estas definiciones las lomas de Yanta ladera, Palta Pucará y Yanajaca que forman parte de los páramos de Pesillo, constituyen el clima de alta montaña. Estas zonas se caracterizan por tener un clima con variaciones notables de temperatura propias de los páramos andinos. A pesar de esto el clima es frio con altas cantidades de radiación solar UV.

Este clima ha permitido la adaptación y crecimiento de especies vegetales y animales que no se hallan en otras zonas del país, haciendo de estos sectores ecosistemas de gran importancia natural (Hofstede R. e., 2014).

#### **3.16.4. Altitud**

Este un factor muy importante para la elaboración del plan de reforestación, se debe considerar la altitud para saber el comportamiento de las especies vegetales propias del lugar, de tal manera que se pueda realizar una evaluación de todas las posibilidades para realizar la reforestación.

Los páramos de la comunidad de Pesillo, se extienden a diferentes altitudes y en cada una de ellas nos da una clara idea de las especies de vegetación que ahí se forman. Dentro de la zona de estudio encontramos gran variedad como: el quishuar, mortiño, el borracho entre otras especies que son importantes para mantener el equilibrio del ecosistema.

Las altitudes que presentan las zonas con y sin perturbación están entre los 3800 a 3500 msnm.

### **3.16.5. Flora y Fauna**

Como ya se mencionó la altitud de las zonas de Yanta ladera, Palta pucará y Yanajaca ha permitido que sean muchas las especies de flora y fauna que caractericen a los páramos de Pesillo. La mayor parte de las especies vegetales presentes en la zona se han adaptado a las condiciones climáticas del sector haciendo de las mismas plantas de páramo realmente espectaculares como el pumamaqui.

Por otro lado, la fauna del páramo de Pesillo es considerada como especies de transición, ya que muchas de las ocasiones los animales buscan condiciones de vida más adecuadas para poder subsistir. Sin embargo, la presencia de especies como los osos, los conejos, roedores o aves han hecho de estos sectores sobresalientes, actualmente considerados como santuarios de vida.

### **3.16.6. Hidrología**

Los páramos de Pesillo son un sistema de recursos naturales único por ser la principal fuente de abastecimiento de agua constante, no solo para las comunidades rurales sino para todas las ciudades de nuestro país, es por esta razón que es fundamental la conservación del ecosistema páramo

Además, el desarrollo sostenible de la sociedad ha hecho que sus servicios permitan el uso del agua no solo para regadío y uso doméstico, sino generar la producción de energía hidroeléctrica.

Cabe mencionar que, si estos recursos hídricos propios de los páramos andinos no se administran de manera adecuada, irán disminuyendo lo que provocará la distorsión de la

capacidad de regulación del agua en otros ecosistemas del país (Harden, Hartsig, Farley, Lee, & Bremer, 2013).

### **3.16.7. Suelos**

El suelo de los páramos de Pesillo que están formados por pastizales de gran altitud, están principalmente desarrollados a partir de cenizas volcánicas producto de la formación primogénita de la tierra. Estos suelos tienen una alta capacidad de retención de agua por lo que son una pieza fundamental dentro de la hidrología no solo de las comunidades sino del país (Poulenard, Podwojewski, Janeau, & Collinet, 2001, págs. 185-207).

Las características morfológicas y sus propiedades varían de acuerdo a varios factores como la humedad, las condiciones climáticas y el tipo de vegetación existente en la zona. Sin embargo, a medida que la población va incrementando también lo hacen las necesidades de expansión de las actividades productivas ya que el objetivo principal de las comunidades es satisfacer sus necesidades alimentarias. Debido a que la comunidad de Pesillo en su mayoría se dedica a la agricultura y ganadería, los suelos se han visto afectados provocando la erosión de los mismos (Podwojewski & Poulenard, 2000).

En cuanto a las características químicas que presenta el suelo, hacemos referencia a su composición tanto de materia orgánica como al contenido de los diferentes minerales. Aquí se mencionan los principales parámetros que serán analizados en laboratorio del suelo con y sin perturbación.



### **3.17. Variables consideradas para el análisis de suelo de los páramos de Pesillo**

#### **3.17.1. Materia orgánica**

Fracción del suelo que está compuesta de restos de organismos vivos, ello contribuye para el crecimiento de las plantas ya que sirven como fuente de P, N, y S. La materia orgánica va a depender de la estructura y complejidad química y del grado de protección del suelo para ser una fuente de nutrientes. Mediante su función física promueve una buena estructura, mejorando la labranza, retención de humedad y aireación, ha sido utilizada como sinónimo del humus (Galantini & Suñer, 2008).

Un suelo que posee gran cantidad de materia orgánica, tendrá mayor capacidad de retención de líquidos, haciendo que las plantas obtengan una mejor provisión de agua, cabe recalcar que al descomponerse la materia orgánica esta provee de nutrientes a la vegetación, principalmente de nitrógeno.

Mejora la estabilidad de la estructura de la planta, así como también se reduce en gran medida la erosión. En sus condiciones estables permite el almacenamiento de gran cantidad de agua y nutrientes utilizables, el estudio de este parámetro es fundamental, puesto que nos permite conocer los efectos que ha tenido un incendio forestal dentro de los componentes del suelo. Es importante mencionar que la falta de materia orgánica en un suelo provoca que su estructura se degrade, la vegetación no se desarrolle con normalidad (Mataix S. J., 2000).

**Tabla 1***Contenido de materia orgánica*

Clima	Contenido (%) de materia orgánica		
	Bajo	Medio	Alto
Frio	menor de 5	5 a 10	más de 10
Templado	menor de 3	3 a 5	más de 5
Cálido	menor de 2	2 a 3	más de 3

*Nota.* Fuente: (Labrador, 1996)

La materia orgánica como tal interviene en la liberación de ciertos elementos nutritivos como lo son el fósforo y el nitrógeno, además contribuye como regulador de pH cuando existen cambios bruscos en el mismo, ayuda en la volatilización de azufre, así como también actúa en la absorción de sustancias químicas contaminantes como son los insecticidas y sus derivados que usualmente se utilizan (Kass, 1996).

### 3.17.2. pH

Parámetro muy importante ya que nos indica la acidez o alcalinidad de la solución del suelo, se basa en el principio en la que su constante de disociación es igual a  $10^{-4}$ . Sitio donde las raíces y los microorganismos toman los nutrientes (Osorio, 2012, págs. 1-4).

Generalmente los suelos de páramo son ácidos y poseen valores promedio de pH que van de 5 a 7. Debido a la situación geográfica del Ecuador los suelos de páramo del sur del país poseen valores de pH que van desde 3,9 a 5,8, mientras que los suelos que se encuentran en los páramos del norte del Ecuador van entre 5,3 y 6,3 (Borja, De Bièvre, & Cisneros, 2008, pág. 8).

De acuerdo al pH que contengan los suelos se los puede clasificar de la siguiente manera:

**Tabla 2**

*Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH*

Valor de pH	Calificación tipo de suelo
<4	Extremadamente ácido
4,0-4,9	Fuertemente ácido
5,0-5,9	Medianamente ácido
6,0-6,9	Ligeramente ácido
7,0	Neutro
7,0-8,0	Ligeramente alcalino
8,1-9,0	Moderadamente alcalino
9,1-10,0	Fuertemente alcalino
10,1	Extremadamente alcalino

**Nota.** Fuente: (Fassbender & Bornemisza, 1987)

**Tabla 3**

*Valores de pH determinados en agua*

pH	Características
>9	Presencia en altos niveles de carbonato de sodio, el suelo sería inexplorable para la agricultura.
8.2-9	Posible presencia de niveles excesivos de Na, especialmente si el pH es >8.4
7-8.1	Presencia de carbonatos, en un pH alcalino se reducen la disponibilidad de P, Cu, Fe, Mn y Zn.
6-6.5	Es una condición ideal (excepto los andosoles)
5.5-6	En este rango puede haber problemas de Al intercambiable, en el caso de los andosoles puede haber un problema mayor de pH.
4.5-5.5	Presencia de cantidades apreciables de Al intercambiable, esto hace que sea tóxico para el cultivo, afecta principalmente su rendimiento.
< 4.5	Nos indica que el suelo es muy ácido por la alta saturación de aluminio y requiere de encalado para poder producir.

**Nota.** Fuente: (Castellanos J. , 2015)

### 3.17.3. Textura

Es una proporción en peso en que “se encuentran las partículas de diámetro > a 2 mm” es decir de tierra fina, estas se clasifican en 3 tipos: Arena, Limo y Arcilla. La predominación del tamaño de los tipos de suelo determina su textura (Jaramillo, 2002).

Se refiere a clases texturales de suelo a las distintas combinaciones de arena, limo y arcilla que se pueden obtener debido a la agrupación de pequeñas partículas de las mismas. Además,

la textura del suelo influye de manera importante en las propiedades hidrológicas del mismo, ya que aquí se almacena tanto la cantidad de agua y nutrientes disponibles para el suelo y por ese la vegetación (Porta, López, & Poch, 2008).

En la tabla 4 se resumen las distintas clases texturales las mismas que poseen propiedades similares entre ellas.

**Tabla 4**

*Contenido de arena, limo y arcilla en las clases texturales del suelo*

Clase Textural	Rango (%) en el contenido		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	110-85	15-0	10-0
Arenosa franca	90-70	30-0	15-0
Franco arenosa	85-43	50-0	20-0
Franca	52-23	50-32	27a7
Franco Limosa	50-0	87-50	27-0
Limosa	20-0	100-80	12-0
Franco arcillo arenosa	80-45	28-0	35-20
Franco arcillosa	45-20	53-15	40-27
Franco arcillo Limosa	20-0	73-40	40-27
Arcillo arenosa	67-45	20-0	55-35
Arcillo limosa	20-0	60-40	60-40
Arcillosa	45-0	40-0	100-40

*Nota.* Fuente: (Jaramillo, 2002)

#### **3.17.4. Conductividad eléctrica**

Mediante este parámetro se puede conocer la cantidad de sales que puede existir en el suelo. Dentro de la agricultura existen problemas de salinidad como el descenso en el potencial de agua en el suelo y la toxicidad por presencia de ion específico (Castellanos J. , 2015).

Este es uno de los parámetros que se encuentra afectado por la combinación de varias propiedades físico químicas del suelo, pues es responsable de la cantidad de corriente que se

transporta a través del suelo. El análisis de la conductividad eléctrica indica la concentración de elementos ionizados (Corwin & Lesch, 2005, págs. 103-133).

En la tabla 5 se resume como se clasifican los suelos en función de la salinidad presente en los mismos.

**Tabla 5**  
*Clasificación de los suelos de acuerdo a su conductividad eléctrica*

CE Promedio (dS/m)	Calificación	Descripción
<2	No salino	Ningún cultivo afectado
2 a 4	Ligeramente salino	Afectación a cultivos sensibles
4 a 8	Salino	Afectación a gran parte de cultivos
8 a 16	Fuertemente salino	Posible solo cultivos tolerantes
>16	Extremadamente salino	Muy pocos cultivos posibles

*Nota.* Fuente: (Hoorn & Alphen, 1994)

De manera general toda vegetación requiere de macronutrientes, sin embargo, también los micronutrientes son indispensables para su crecimiento. Hay que tener en claro que siempre existirá un elemento que limita el desarrollo de las plantas, a pesar de que haya la disponibilidad de otros nutrientes.

### **3.17.5. Nitrógeno total**

Es uno de los macronutrientes esenciales en la composición del suelo, pues se almacena de forma orgánica, el mismo que es asimilable para la vegetación luego de un proceso de mineralización convirtiéndose de esta manera disponible para las plantas (Marín, Aragón, & Gómez, 2002).

Deficiencias de este macronutriente derivan en plantaciones débiles. En contraste el exceso de nitrógeno puede provocar que tanto el crecimiento microbiano como la descomposición se den de manera acelerada

Además, es importante mencionar que el nitrógeno puede llegar al suelo gracias a la fijación de bacterias que provienen del aire, en suelos normales el contenido de este elemento es de 0,05 a 2% (Fernández, y otros, 2006, págs. 19-87).

**Tabla 6**  
*Clasificación del suelo según su contenido de nitrógeno total*

Contenido (%) de nitrógeno en suelo	Descripción
<0,032	Extremadamente pobre
0,032-0,063	Pobre
0,064-0,095	Medianamente pobre
0,096-0,126	Medio
0,127-0,158	Medianamente rico
0,159-0,221	Rico
>0,221	Extremadamente rico

*Nota.* Fuente: (Fernández, y otros, 2006)

### 3.17.6. Fósforo

Interviene en la transferencia de energía dentro de procesos metabólicos, además favorece el desarrollo radicular de la vegetación presente en un sector. Su deficiencia provoca que las plantas retrasen su crecimiento y sean menos resistente a climas fríos.

Es uno de los elementos que más utiliza la vegetación, su determinación en los suelos es de suma importancia ya que permite evaluar la fertilidad de los mismos.

La tabla 7 muestra la cantidad de fósforo presente en los suelos, de esta manera se determina si el suelo posee deficiencias o es rico en cuanto al contenido de este elemento.

**Tabla 7***Clasificación del suelo según su contenido de fósforo*

Contenido (mg/kg) de Fósforo	Descripción
0 a 1	Contenido muy deficiente
1 a 3	Contenido deficiente
3 a 6	Contenido normal
6 a 10	Contenido alto
más de 10	Contenido muy alto

**Nota.** Fuente: (Marín, Aragón, & Gómez, 2002)

### 3.17.7. Potasio

Este macronutriente es importante en el transporte de energía desde las hojas de las plantas hacia las zonas de almacenaje como son las semillas, la presencia en el suelo permite que la vegetación sea resistente a heladas. La escases de este nutriente genera la presencia de enfermedades (Marín, Aragón, & Gómez, 2002).

De acuerdo a la cantidad de potasio presente en los suelos, se los puede clasificar desde muy bajo hasta muy alto en su contenido como se observa en la tabla 8.

**Tabla 8***Clasificación del suelo según su contenido de Potasio*

Contenido (meq/100g) de Potasio	Descripción
0,00-0,30	Muy bajo
0,30-0,60	Bajo
0,60-0,90	Normal
0,90-1,50	Alto
1,50-2,40	Muy Alto

**Nota.** Fuente: (Rioja, 2002)

Los micronutrientes son elementos fundamentales para el crecimiento vegetal pues constituyen las enzimas o a su vez son activadoras de ellas. Dentro de ellos tenemos los siguientes.

### **3.17.8. Hierro**

Es uno de los elementos que se lo pueden encontrar en el suelo de 3 maneras, siendo el hierro ferroso el compuesto disponible para las plantas. La deficiencia de este elemento es que está presente en suelos que poseen  $\text{pH} > 8$ . En zonas que tienen climas extremos en donde existen deficiencias de hierro

Uno de los manifestos que se puede observar en la planta es la falta de clorofila, por esta razón es recomendable corregir estas carencias de hierro mediante la aplicación de quelatos al suelo (Echeverría & García, 2005).

### **3.17.9. Cobre**

Interviene en el metabolismo de las plantas, además permite la síntesis de proteínas, activa ciertas enzimas que permite la síntesis de lignina. El cobre es uno de los elementos esenciales para la respiración de las plantas. Intensifica el sabor y el color flores y frutos. Su deficiencia provoca que las hojas de las plantas se enrollen, pierdan su brillo y finalmente se marchiten (Echeverría & García, 2005).

### **3.17.10. Zinc**

Forma parte de los compuestos que se encargan de la formación de hormonas que intervienen en el crecimiento de las plantas, es importante que se contenga una cantidad necesaria de este elemento dentro de los suelos para que se pueda aprovechar el nitrógeno y fósforo presentes y de esta manera mejorar el tamaño de los frutos que las plantas puedan generar (Ídem).



### **3.17.11. Boro**

Es un nutriente que se encuentra en suelo formando parte de minerales silicatados, por lo general es absorbido por los suelos arcillosos, es liberado con la ayuda de microorganismos pues tiene una estrecha relación con la materia orgánica.

Este elemento se encuentra presente en el suelo en cantidades de 2 a 200 ppm, pero solo hasta el 5% de este compuesto es asimilable por las plantas (Quichimbo, Tenorio, Cárdenas, Crespo, & Céleri, 2012, págs. 138-153).

### **3.18. Requerimientos Nutricionales para la reforestación**

En su mayoría las plantas requieren nutrientes que proporciona el suelo para su crecimiento y desarrollo. Está demostrado que son 16 elementos importantes para el desempeño de funciones en la vida de la planta y cuando están presentes en cantidades muy limitadas, pueden producir graves alteraciones y reducir notablemente el crecimiento de las mismas (Santoyo, 1995, págs. 13-24)

A continuación, se muestra la tabla que contiene los valores óptimos en cuanto a requerimiento nutricional necesario para el desarrollo de las plantas, la misma que indica los principales elementos presentes en la vegetación

**Tabla 9**  
*Requerimientos nutricionales*

<b>Parámetros</b>	<b>Valores Óptimos</b>
pH	5,3- 6,1
Materia orgánica (%)	10- 40
Conductividad eléctrica (dS/m)	0,1700 – 0, 5000
Nitrógeno (%)	1% -20%
Fósforo (ppm)	2 – 10
Potasio (ppm)	1 - 5
Hierro (ppm)	50 -150
Cobre (ppm)	1 - 6
Zinc (ppm)	6 - 23
Boro (ppm)	0,5 - 1

*Nota.* Fuente: Autoras

El requerimiento nutricional de la zona que se ha visto afectado por la quema se encuentra dentro de lo necesario por lo que se puede dar el crecimiento normal de plantas sugeridas en el Plan de Reforestación. Además, es importante mencionar que el plan va a enfocado, a: especies nativas y requerimiento nutricional de la zona (Wasseraman, Spinel, & Brieva, 2005, págs. 3-83)

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Diseño**

#### **4.1.1. Revisión bibliográfica y obtención de información**

La presente investigación se llevó a cabo mediante la utilización de un método mixto que utiliza información secundaria e información primaria, incluyendo información geográfica con base en la revisión de mapas de la zona elaboradas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAGAP y mapas elaborados por la señora gobernadora de la comunidad de Pesillo.

Para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero solamente se procede a revisar la literatura científica sugerida por parte del IPCC.

En la elaboración del plan de reforestación de las zonas de riesgo se utilizó información bibliográfica referente al manejo de páramos y se complementó con datos obtenidos mediante observación directa.

Las fuentes primarias consistieron en entrevistas realizadas a miembros de la comunidad de Pesillo; para lo cual se elaboró una guía de preguntas (Anexo 4), las personas encuestadas fueron hombres y mujeres de la comunidad, adultas, de entre 30 a 50 años, en un número de 25 personas.

#### **4.1.2. Descripción de la zona de muestreo**

Las lomas de Yanta ladera, Palta pucará y Yanajaca son las zonas de estudio pertenecientes a los páramos de Pesillo en el cantón Cayambe. Actualmente la zona tiene una superficie de 78 Hectáreas de afectación por el último incendio forestal ocurrido en el año 2018 y se ubica en las zonas 17 y 18 en el hemisferio norte.

#### **4.1.3. Actividades productivas de la zona**

En esta zona, por lo general, se desarrollan algunas actividades productivas, especialmente de índole agrícola y pecuaria; también se observa tala del bosque para la obtención de carbón y una activa presencia de personas que se movilizan por el desarrollo de estas actividades.

#### **4.2. Población y muestra**

La presente investigación se llevó a cabo en la comuna de Pesillo, perteneciente a la parroquia de Olmedo del cantón Cayambe, provincia Pichincha. Formada alrededor por 6800 habitantes en su mayoría pertenecientes al pueblo kichua Kayambi. Los páramos de esta comuna se extienden en una superficie de 4072.6 hectáreas; mientras que la superficie afectada por los incendios corresponde aproximadamente a 78 hectáreas.

##### **4.2.1. Muestreo de suelo**

Para la toma de muestras se identificaron dos zonas que corresponden, a las lomas de Palta pucará, Yanajaca y Yanta ladera que son zonas afectadas por los últimos incendios ocurridos, las mismas que tienen una extensión de 78 hectáreas; y la loma de Talcas que actualmente es una zona que tiene aproximadamente 25 años sin sufrir afectaciones de este tipo de catástrofes. En cada una de estas zonas se trazaron 15 puntos en zigzag a un promedio de 50 metros de distancia entre puntos. Con el propósito de obtener una muestra representativa se marcó en cada punto una cuadrícula de 9 m<sup>2</sup>, en la cual se identificaron 8 puntos de los que se obtuvieron las submuestras.

Para la toma de muestras de suelo se procedió a retirar el material del horizonte O (cobertura vegetal) y seguido, con una pala, se procedió a hacer un corte en V, que permitió tomar una muestra a 5cm de profundidad (Cerde & López, 2010).

Una vez obtenidas las 8 submuestras se procedió a mezclar el suelo en un balde, obteniendo la muestra definitiva de cada punto. Esta tarea se realizó para todos los puntos del zigzag, en las dos zonas y se obtuvo las muestras de suelo definitivas de 500 g cada una para el correspondiente análisis en el laboratorio.

#### **4.3.Materiales**

Para llevar a cabo el trabajo de delimitación en las zonas afectadas por incendios forestales en los páramos de Pesillo se utilizaron los siguientes materiales:

- Dron ( DJI PHANTOM 4 PRO)
- 2 GPS (Magellan Triton)
- Una computadora personal
- Pilas alcalinas o recargables
- Croquis elaborado previamente y en conjunto con los comuneros de Pesillo

Para la obtención de muestras de suelo se utilizaron los siguientes materiales

- Palas
- Machetes
- Piolas
- Decámetros
- Cooler
- Estacas
- Gps
- Balde
- Fundas herméticas

- Marcadores permanentes

#### **4.4. Método utilizado para la determinación de zonas de riesgo**

Se utiliza el método gráfico, el mismo que tiene como entradas las condiciones ambientales de los páramos de Pesillo (clima, extensión, altitud, precipitación, hidrología, suelo, flora y fauna); por otra parte, se hace un recuento histórico de las zonas más recurrentemente afectadas por incendios forestales, información que fue obtenida por el testimonio de los comuneros de la zona.

#### **4.5. Método de análisis de parámetros en laboratorio**

El análisis de muestras de suelo se determinó mediante varios métodos como son:

- Determinación de pH: su determinación es de gran importancia pues influye en la fertilidad de los suelos, este parámetro se determinó mediante el método potenciométrico utilizando relaciones de suelo 1:1,25. Aparece en (Casanova Olivo, 2005).
- Conductividad Eléctrica: mediante el uso de un conductímetro eléctrico que realiza la lectura correspondiente de manera directa. Aparece en (Gualavisí, 2009).
- Contenido de Nitrógeno Total: la cantidad de nitrógeno total presente en cada una de las muestras se obtuvo mediante la multiplicación de la cantidad de materia orgánica por 0,05. Aparece en (Gualavisí, 2009).
- Contenido de Potasio: se determinó mediante el método de Olsen Modificado. Aparece en (Gilabert de Brito, López de Roja, & Pérez de Roberti, 1990).
- Contenido de Fósforo: se determinó mediante el método espectrofotométrico. Aparece en (Gualavisí, 2009).
- Contenido de Boro: se determinó mediante el método de espectrofotometría de

absorción atómica. Aparece en (Hernandez, 2016).

- Contenido de Materia orgánica: este parámetro se lo determinó mediante el método de combustión húmeda, basado en la oxidación del carbono de la materia orgánica por la acción de  $K_2 Cr_2 O_7$ . Aparece en (Gilabert de Brito, López de Roja, & Pérez de Roberti, 1990).
- Textura: la textura de cada una de las muestras de suelo obtenidas en los páramos de Pesillo se los determinó mediante la aplicación del método del Hidrómetro Bouyoucos. Aparece en (Núñez, 2006).

#### **4.6.Método para la estimación de GEI**

El método identificado (Directrices del IPPC 2006) consiste en valorar la cantidad de biomasa de un bosque en Tm/ha, considerando la diversidad de especies de un bosque, y en este caso, de un páramo.

##### **4.6.1. Método del IPCC**

Este método sirve para estimar diferentes modalidades de incendios de vegetación, desde residuos vegetales hasta incendios forestales. En lo referente a incendios de bosques, el método propone la siguiente fórmula:

$$L_{fuego} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$$

**Donde:**

$L_{fuego}$ : cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocado por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero.

A: superficie quemada en ha.

$M_B$ : masa de combustible disponible para la combustión en ton/ha. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta.

$C_f$ : factor de combustión, sin dimensión.

$G_{ef}$ : factor de emisión en g/kg de materia seca quemada.

Para calcular el total del combustible ( $M_B$ ) que están disponibles para la quema dependen del área quemada y de su densidad (hojarasca, madera muerta, biomasa); estos materiales pueden variar en función de la edad, el tipo y las condiciones de la vegetación. También el tipo de fuego altera las condiciones del combustible útil para la combustión. Como, por ejemplo, se puede producir un incendio de baja intensidad en un bosque que este restringido de hojarasca en materia orgánica muerta; mientras que un incendio de alta intensidad puede consumir especies arbóreas (Hongmin, Mangino, & Mcallister, 2006, pág. 49).

El factor de combustión ( $C_f$ ) es una medida de la proporción del combustible disponible para la combustión, la misma que varía de acuerdo a su tamaño y la arquitectura de la carga del combustible; es decir, no es lo mismo que se quemen los troncos gruesos de los árboles que las hojas. La velocidad y la intensidad de propagación se verán afectadas por la variabilidad climática (Ídem).

Y el último factor ( $G_{ef}$ ) se refiere a la cantidad de un gas de efecto invernadero expresada por unidad de materia seca quemada, este factor depende del contenido de carbono de biomasa y de la exhaustividad de la combustión. Cabe mencionar que la vegetación que contenga altas concentraciones de nitrógeno (N), las emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de los incendios forestales, van a variar de acuerdo al contenido del N del combustible. (Andrea & Merlet, 2001, págs. 755-774)



**Tabla 10**

*Valores de combustible disponible, provocado por incendios en distintos tipos de vegetación*

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	ES	Referencias
Bosque tropical primario (cortado y quemado)	Bosque tropical primario	83,9	25,8	7, 15, 66, 3, 16, 17, 45
	Bosque tropical primario abierto	163,6	52,1	21,
	Bosque tropical primario húmedo	160,4	11,8	37, 73
	Bosque tropical primario seco	-	-	66
<b>Todos los bosques tropicales primarios</b>		<b>119,6</b>	<b>50,7</b>	
Bosque tropical secundario (cortado y quemado)	Bosque tropical secundario joven (3-5 años)	8,1	-	61
	Bosque tropical secundario intermedio (5-10 años)	41,1	27,4	61, 35
	Bosque tropical secundario avanzado (14-17)	46,4	8,0	61, 73
<b>Todos los bosques tropicales secundarios</b>		<b>42,2</b>	<b>23,6</b>	<b>66, 30</b>
<b>Todos los bosques tropicales terciarios</b>		<b>54,1</b>	<b>-</b>	<b>66, 30</b>
Bosques boreales	Incendios naturales (general)	52,8	48,4	2, 33, 66
	Incendios de copas	25,1	7,9	11, 43, 66, 41, 63, 64
	Incendios de superficie	21,6	25,1	43, 69, 66, 63, 64, 1
	Quemado de rollizos post-corte	69,6	44,8	49, 40, 66, 18
<b>Todos los bosques boreales</b>		<b>41,0</b>	<b>36,5</b>	<b>43, 45, 69, 47</b>
Bosques de eucaliptos	Incendios naturales	53,0	53,6	66, 32, 9
	Incendios controlados - (superficie)	16,0	13,7	66, 72, 54, 60, 9
	Quema de rollizos post-corte	168,4	168,8	25, 58, 46
	Tala retiro de madera y quema (fuego para desmonte)	132,6	-	62, 9
<b>Todos los montes de eucaliptos</b>		<b>69,4</b>	<b>100,8</b>	
Otros bosques de zonas templadas	Incendios naturales	19,8	6,3	32, 66
	Quema de rollizos post-corte	77,5	65,0	55, 19, 14, 27, 66
	Tala y quema (fuego para desmonte) Tala retiro de madera y quema (fuego)	48,4	62,7	53, 24, 71
<b>Todos los demás bosques de zonas templadas</b>		<b>50,4</b>	<b>53,7</b>	<b>43, 56</b>

*Nota.* Fuente: Directrices de IPCC de

Para el caso ecuatoriano y en concreto para los páramos, no existen indicadores específicos para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que es importante construir estos valores de consumo de combustible para la vegetación de los páramos.

Como sugerencia para futuros trabajos de investigación, a continuación de detalla una técnica para determinar el volumen del combustible, de la biomasa y residuos vegetales presentes en la vegetación de los páramos.

Para determinar los valores de consumo de combustible ( $M_B$ ), conformada por materia orgánica muerta más biomasa viva presente en la vegetación del páramo, se aplicará el

método del muestreo que consiste en obtener la medida de la biomasa presente en esa superficie expresada en Tm/ha. Para que la información sea representativa se tomara al menos 10 muestras de biomasa por ha que se expresaran en kg/m2. A continuación, se obtendrá el peso de cada muestra y se establecerá el promedio de las mismas obteniendo un dato final en kg/m2. Este valor se traducirá a Tm/ha y esta cifra expresara el peso final (referencial) de la biomasa presente en la mencionada hectárea.

Para disponer del factor de emisión y combustión, vista la complejidad para obtener de manera real ese valor se recomienda tomar como referencia los datos correspondientes a “Sabanas y Pastizales” y “Bosques tropicales secundarios” de los cuadros que consta a continuación en que se detallan factores de emisión y combustión para distintos gases que son el resultante del incendio forestal y que forman parte del complejo de gases del efecto invernadero.

**Tabla 11**  
*Valores del factor de emisión*

Categoría	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
Sabana y pastizales	1613 ± 95	65 ± 20	2,3 ± 0,9	0,21 ± 0,10	3,9 ± 2,4
Residuos agrícolas	1515 ± 177	92 ± 84	2,7	0,07	2,5 ± 1,0
Bosque tropical	1580 ± 90	104 ± 20	6,8 ± 2,0	0,20	1,6 ± 0,7
Bosque tropical extra	1569 ± 131	107 ± 37	4,7 ± 1,9	0,26 ± 0,07	3,0 ± 1,4
Quemado de biocombustible	1550 ± 95	78 ± 31	6,1 ± 2,2	0,06	1,1 ± 0,6
<p>Nota: La categoría «bosques tropicales extra» incluye todos los demás tipos de bosques.</p> <p>Nota: Respecto a la combustión de biomasa no boscosa en pastizales y tierras de cultivo, no es necesario estimar ni declarar las emisiones de CO<sub>2</sub> porque se supone que las absorciones anuales de CO<sub>2</sub> (a través del crecimiento) y las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> (ya sea por descomposición o fuego) por parte de la biomasa están en equilibrio (véase lo analizado precedentemente sobre sincronía en la Sección 2.4).</p>					

**Nota.** Fuente: factor de emisiones, Directrices del IPCC de 2006

**Tabla 12**  
*Factores de combustión sin dimensión*

Tipo de vegetación	Subcategoría	Media	SD	Referencias
Bosques tropicales primarios (cortado y quemado)	Bosques tropicales primarios	0,23	0,13	7, 8, 13, 55, 66, 9, 14, 53, 17, 65,
	Bosques tropicales primarios abiertos	0,45	0,29	31
	Bosques tropicales primarios húmedos	0,55	0,55	37, 75
	Bosques tropicales primarios secos	-	-	66
Todos los bosques tropicales primarios		0,26	0,13	
Bosques tropicales secundarios (cortado y quemado)	Bosques tropicales secundarios jóvenes (1-5 años)	0,46	-	61
	Bosques tropicales secundarios intermedios (5-10 años)	0,67	0,23	61, 55
	Bosques tropicales secundarios avanzados (10-17 años)/Bosques tropicales secundarios maduros	0,55	0,10	61, 75
Todos los bosques tropicales secundarios		0,55	0,26	55, 66, 54, 55
Todos los bosques tropicales tercerarios		0,59	-	66, 55
Bosques boreales	Incendios naturales (general)	0,45	0,56	33
	Incendios de copas	0,45	0,23	66, 61, 64, 63
	Incendios de superficie	0,55	0,55	64, 63
	Quema de colinas post-carbo	0,25	0,15	49, 45, 18
	Quema para drenaje	0,59	-	67
Todos los bosques boreales		0,34	0,17	45, 47
Bosques de eucalipto	Incendios naturales	-	-	
	Incendios controlados - (general)	0,61	0,11	73, 54, 60, 9
	Quema de colinas post-carbo	0,65	0,14	35, 55, 66
	Tala y quema (Quema para drenaje/Tala como de madura, o como (Quema para drenaje)	0,49	-	62
Todos los bosques de eucalipto		0,63	0,13	
Otros bosques de zonas templadas	Quema de colinas post-carbo	0,63	0,13	55, 19, 37, 14
	Tala y quema (Quema para drenaje/Tala como de madura, o como (Quema para drenaje)	0,51	-	55, 54, 71
Todos los demás bosques de zonas templadas		0,45	0,16	55, 56

*Nota.* Fuente: Directrices de IPCC de 2006

## 4.7. Consideraciones éticas

Este trabajo se llevó a cabo respetando las normas de procedimiento culturalmente aceptadas por los miembros de la comunidad especialmente cuando se desarrollaron las entrevistas a mujeres porque siempre tienen una actitud defensiva. El equipo se ganó la confianza de las personas de la comunidad lo que facilitó la realización del trabajo de campo.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Establecimiento de zonas de riesgo de incendio forestal mediante el uso de mapas

La ubicación de las zonas de riesgo de incendios en el páramo de Pesillo se ubica entre las coordenadas:

**Tabla 13**

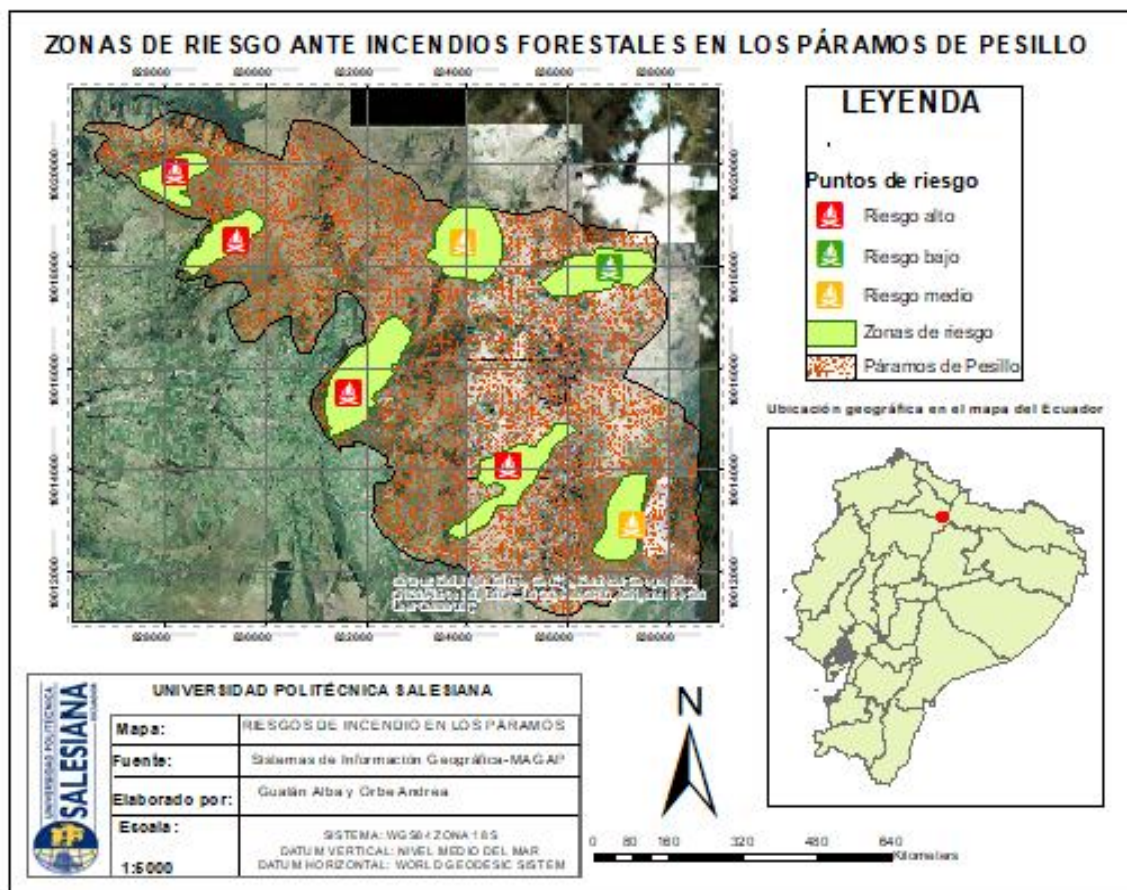
*Coordenadas UTM de las zonas de riesgo*

<b>Código</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Zona</b>
<b>1</b>	826479,451	10020692,74	17
<b>2</b>	830858,314	10020765,5	17
<b>3</b>	828311,694	10017802,16	17
<b>4</b>	833510,767	10019211,07	17
<b>5</b>	831956,337	10016624,76	17
<b>6</b>	837472,92	10018549,61	18
<b>7</b>	837023,118	10015837,62	18
<b>8</b>	838504,787	10012999,96	18
<b>9</b>	838180,672	10011630,74	18
<b>10</b>	833530,611	10012265,74	17
<b>11</b>	832406,129	10014322,88	17
<b>12</b>	831261,804	10015897,16	17

*Nota.* Fuente: Autoras

## Identificación de las zonas de riesgo

Figura 3: Mapa de las zonas de riesgo



**Nota.** Fuente: Autoras

Como se puede observar en la figura 3 se han identificado tres tipos de riesgos de incendios en el páramo de Pesillo:

### 1. Zonas de alto riesgo

Identificadas en el mapa con el color rojo, se ubican a una altitud de 3200 y 3300 msnm, han sido identificadas como tales, porque en estas zonas la actividad agrícola, pecuaria es mucho más intensa que en otras áreas del páramo. Estas zonas soportan alta presión para el desarrollo de actividades productivas, agrícolas y pecuarias; donde están presentes la quema de desechos vegetales para la renovación de sus pastizales. En vista de que los miembros de

las comunidades adjuntas a estas zonas no toman las debidas precauciones para evitar la expansión del fuego, el riesgo de incendios a otras zonas es muy alto.

## **2. Zonas de riesgo medio**

Estas zonas están identificadas en el mapa con el color amarillo, se ubican a una altitud de 3500-3800 msnm; están relativamente lejanas a las zonas de actividad agrícola y pecuaria. Sin embargo, a causa de los fuertes vientos que no permiten controlar los incendios, el fuego puede expandirse y afectar la vegetación de estas áreas.

## **3. Zonas de riesgo bajo**

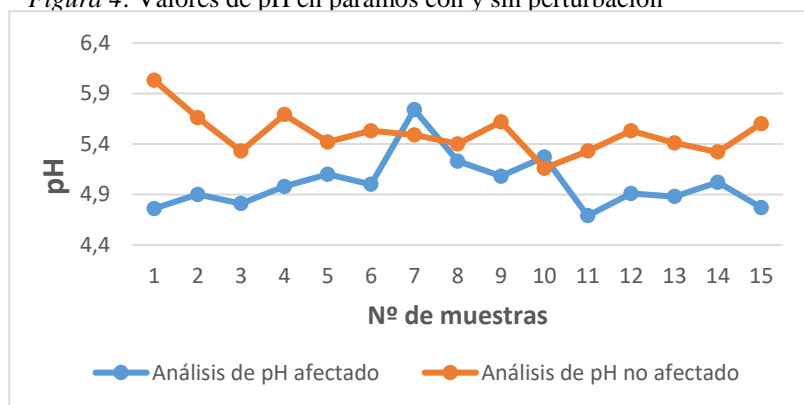
Se identifican en el mapa con el color verde, se ubican a una altitud de 3900 y 4000 msnm; están ubicadas a una distancia considerable de las áreas de alto riesgo y están protegidas por humedales que dificultan el paso del fuego, aunque no se descarta que el fuego pueda desplazar partículas ardientes que, eventualmente podrían provocar algún incendio.

## **5.2. Identificación de las diferencias de fertilidad de suelos en zonas con y sin perturbación.**

### **5.2.1. pH**

Como se puede observar en la fig. 4 de acuerdo a la tabla de valoración de (Fassbender & Bornemisza, 1987) los valores de pH en el páramo afectado por incendios forestales muestran un pH fuertemente ácido y moderadamente ácido; mientras que en los páramos no afectados los valores indican un pH moderadamente ácido y ligeramente ácido.

Figura 4: Valores de pH en páramos con y sin perturbación



*Nota.* Fuente: Autoras

Por lo cual se puede decir que los suelos de las zonas estudiadas son ácidos, esto debido a que son áreas de texturas arenosas provenientes de cenizas volcánicas, lo que provoca que se dé la pérdida de cationes los mismos que contribuyen a la acidificación de estos suelos, además son zonas con niveles considerables de permeabilidad y lixiviación lo que hace que de igual manera se pierda grandes cantidades de nutrientes (Martínez, Fuentes, & Acevedo, 2008, págs. 68-96).

Pero según (Mataix S. J., 2000) menciona que la variación del pH depende de la intensidad del fuego, a una baja intensidad los valores tienden a disminuir algunas décimas y en altas intensidades estas tienden a aumentar hasta 4 o 5 unidades.

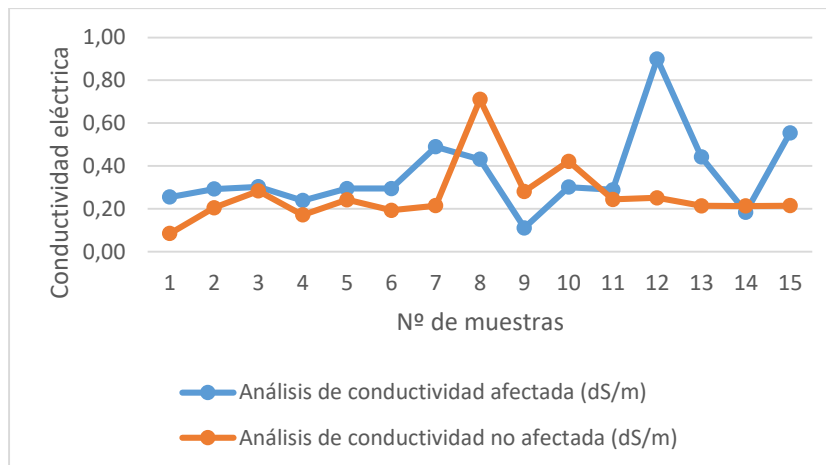
Por ser suelo andino y debido a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica que contiene en su estructura carboxílicos los mismos que pueden llegar a comportarse como ácidos débiles intervienen en la reducción de pH en el suelo, por esta razón los suelos de páramo se caracterizan por ser ácidos (Acevedo & Martínez, 2003, págs. 13-25).

### 5.2.2. Conductividad eléctrica

Como se puede observar en la fig. 5 los valores de conductividad eléctrica se encuentran entre 0,11-0,90 dS/m en los páramos afectados y de 0,1- 0,71 dS/m en la zona que no se ha

visto afecta por este tipo de catástrofes, estos valores pertenecen a suelos salinos según como lo mencionan.

*Figura 5: Valores de conductividad eléctrica en páramos con y sin perturbación*



*Nota.* Fuente: Autoras

Estos valores son menores a 2 dS/m, debido a que son suelos que por su textura franco arenoso genera infiltración del agua lo que provoca que se genere un lavado de las sales que se encuentran la parte superficial del terreno, por esta razón los suelos tienen una conductividad eléctrica baja a pesar de ser zonas con alto contenido de materia orgánica (Simón, Peralta, & Costa, 2013).

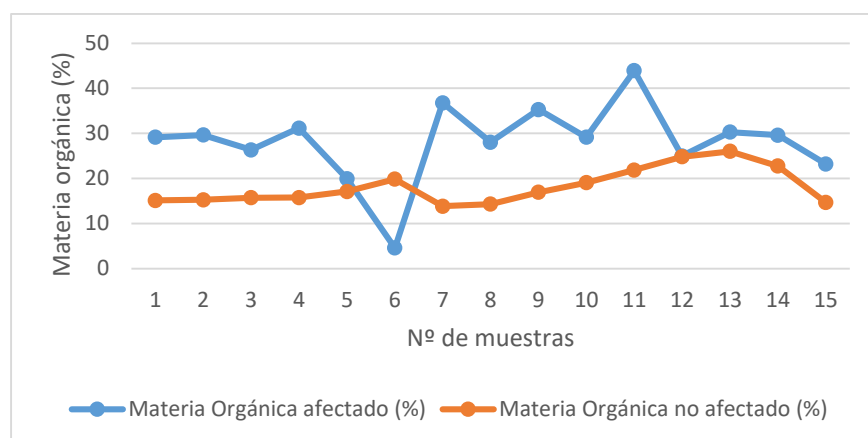
Según Mataix y colaboradores los suelos que fueron afectados por incendios forestales tienen a aumentar las cantidades de conductividad eléctrica gracias a la solubilidad de compuestos que provienen de las cenizas (Mataix Solera, y otros, 2009).

### 5.2.3. Materia orgánica

En la fig. 6 se puede observar que los valores de materia orgánica en los suelos de la zona quemada se incrementan notablemente al comparar con los valores del páramo no afectado.



Figura 6: Valores de materia orgánica en páramos con y sin perturbación



**Nota.** Fuente: Autoras

El dato más alto que se observa pertenece al sector de Palta Pucara de la zona afectada por incendios forestales, se puede considerar que la causa de este resultado es porque actualmente en esta zona se encuentra en procesos de reforestación y la mayoría de los pobladores llevan sus animales (vacas, caballos), el valor se pudo incrementar por la presencia de estiércol de los mismo.

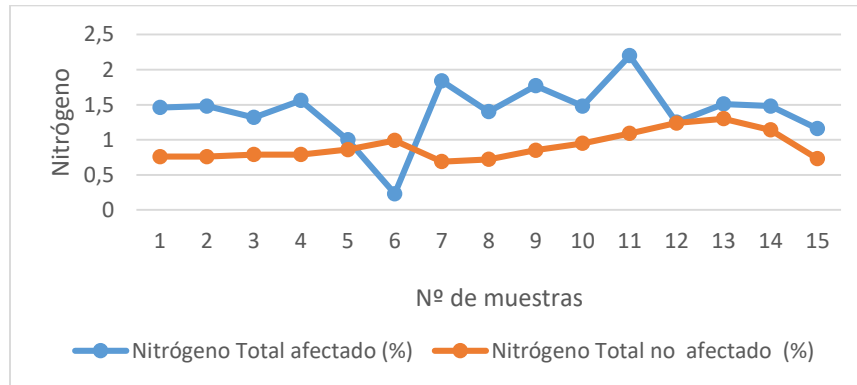
Los resultados del porcentaje de materia orgánica que se obtuvo indican, en el caso del páramo afectado se produjo un fraccionamiento brusco de nutrientes a causa del fuego, como principalmente en el caso del K, P que forman parte y ayudan al proceso de formación de materia orgánica, mientras que en el caso del S y N se evaporan. Por otra parte, en los páramos no afectados cumplen su ciclo natural de formación, es decir este proceso es más lento (Cerde & López, 2010).

Los cambios que se producen de materia orgánica son cualitativos y cuantitativos dependiendo de la intensidad de fuego, afectando principalmente los horizontes superficiales de los suelos (Mataix S. J., 2000).

#### 5.2.4. Nitrógeno total

En la siguiente fig. 7 se puede observar que los valores del páramo afectado son pocos significativos a los valores obtenidos en el páramo no afectado a excepción de un dato. El valor promedio de las dos zonas es de 1,41% en la zona quemada y 0,91 de la zona de control.

Figura 7: Valores de nitrógeno total en páramos con y sin perturbación



*Nota.* Fuente: Autoras

Considerando los resultados de la tabla 22 podemos ver que los suelos de las dos zonas analizadas son ricos en N, es debido a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica propias de climas fríos como es el caso de los páramos.

A pesar de contener valores importantes de nitrógeno en su composición, este no es suficiente para la vegetación de la zona, puesto que existe la probabilidad de que se dé una baja mineralización de la materia orgánica nativa del sector. Es importante mencionar que los suelos afectados por incendios forestales al contener mayor cantidad de materia orgánica son considerados ricos por ende suelen tener suelos con mayor conductividad eléctrica (Estupiñan, Gómez, Barrantes, & Limas, 2009, págs. 79-89).

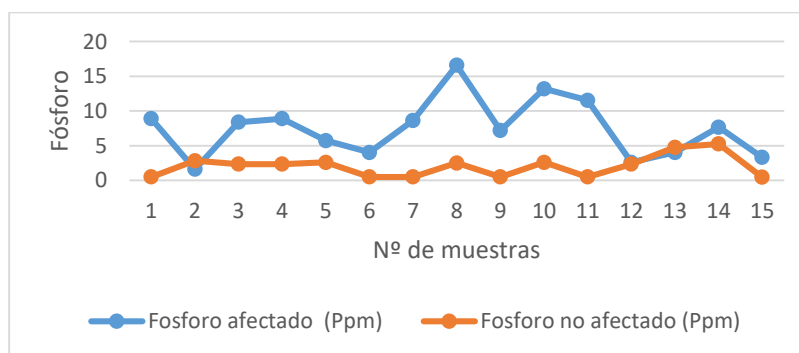
El nitrógeno total muestra un similar comportamiento al de la materia orgánica, porque este parámetro depende de la mineralización de la MO, este resultado se coincide con (Capulín, Mohedano, & Razo, 2010).

También los autores (Castellanos, Uvalle, & Aguilar, 2000) mencionan que el contenido de nitrógeno total en el suelos tienden a incrementar a pesar de la volatilización que se produce durando un incendio. Sin embargo para los autores (Vega, y otros, 2000) el contenido de nitrógeno total presentan reducción e incremento de pH y los parámetros (materia orgánica, C/N) tienen menos afectación.

### 5.2.5. Fosforo (P)

El 73 % de los valores obtenidos de P que pertenecen al páramo afectado son superiores a los valores del páramo no afectado, sus promedios son 7,48 ppm y 2,03 ppm respectivamente como se observa en la fig. 8.

*Figura 8:* Valores de fósforo en páramos con y sin perturbación



**Nota.** Fuente: Autoras

De acuerdo a la clasificación según (Marín, Aragón, & Gómez, 2002) los valores promedios dan como resultado un contenido alto de P en las zonas quemadas y un contenido deficiente en la zona de control.

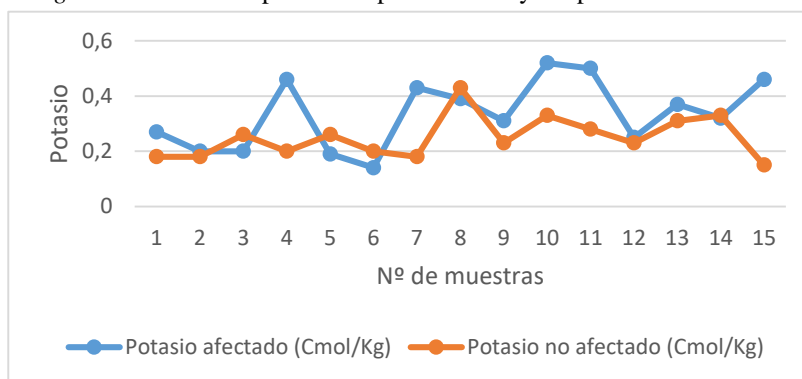
La cantidad de P en la solución del suelo tiene valores alrededor de 0,05 ppm, siendo una concentración muy baja, por lo tanto, las plantas absorben rápidamente solo una pequeña cantidad de este elemento. De los macronutrientes( K, P, Ca, N) solo el P es absorbido en menor porcentaje por la planta (Fernández M. , 2007, págs. 51-57).

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por (Úbeda, 2001), donde se muestran que los valores aumentan debido a la intensidad del fuego. (Giovannini, 1997) comparte la afirmación realizada, donde menciona que el incremento de concentración de P es notable cuando se tiene una temperatura mayor a 460 °C.

### 5.2.6. Potasio (K)

En la siguiente fig. 9 se muestra los valores promedios de 0,33 en páramo afectado y un promedio de 0,25 en páramo no afectado.

Figura 9: Valores de potasio en páramos con y sin perturbación



*Nota.* Fuente: Autoras

Estos resultados reflejan un contenido de K bajo en la zona afectada y un contenido muy bajo en la zona no afectada lo cual no muestran diferencias apreciables. Generalmente en los suelos parámetros los elementos P y K se lixivian rápidamente en comparación a otros elementos como el Ca (Podwojewski & Poulenard, 2000).

Las dos zonas presentan una concentración baja, pero al realizar una comparación de las mismas, el K en la zona quemada experimenta un leve incremento con respecto a la zona de control, este se debe a la generación de cenizas después de un incendio forestal. Sin embargo, el autor (Úbeda, 2001) menciona que a temperaturas de 500 °C se produce su volatilización y si no hay un suministro de K por parte de las plantas, la concentración de este elemento tiende a reducir.

### 5.2.7. Textura

**Tabla 14**

*Análisis de textura en páramo afectado de la comunidad de Pesillo*

Código Del Punto	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
001 Yanajaca	70	28	2	Franco arenoso
002 Yanajaca	72	26	3	Franco arenoso
003 Yanajaca	70	24	6	Franco arenoso
004 Yanajaca	66	30	4	Franco arenoso
005 Yanajaca	70	28	2	Franco arenoso
006 Yanajaca	74	24	2	Arena Franca
007 Palta Pucará	74	24	2	Arena Franca
008 Yanajaca	68	30	2	Franco arenoso
009 Palta Pucará	66	30	4	Franco arenoso
010 Palta Pucará	66	32	2	Franco arenoso
011 Palta Pucará	72	26	2	Arena Franca
012 Palta Pucará	74	24	2	Arena Franca
013 Palta Pucará	74	24	2	Arena Franca
014 Palta Pucará	72	26	2	Arena Franca
015 Yanta Ladera	68	30	2	Franco arenoso
Promedio	70,40	27,07	2,60	Franco arenoso
Valor máximo	74	32	6	
Valor mínimo	66	24	2	

**Nota.** Fuente: Autoras

**Tabla 15**

*Análisis de textura en páramo no afectado de la comunidad de Pesillo*

Código Del Punto	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
016 Talcas	52	44	4	franco arenoso
017 Talcas	56	42	2	franco arenoso
018 Talcas	56	41	3	franco arenoso
019 Talcas	56	41	3	franco arenoso
020 Talcas	54	44	2	franco arenoso
021 Talcas	54	42	4	franco arenoso
022 Talcas	56	42	2	franco arenoso
023 Talcas	58	39	3	franco arenoso
024 Talcas	56	42	2	franco arenoso
025 Talcas	54	40	6	franco arenoso
026 Talcas	58	40	2	franco arenoso
027 Talcas	58	40	2	franco arenoso
028 Talcas	60	38	2	franco arenoso
029 Talcas	62	36	2	franco arenoso
030 Talcas	64	34	2	franco arenoso
Promedio	56,93	40,33	2,73	franco arenoso
Valor máximo	64	44	6	
Valor mínimo	52	34	2	

**Nota.** Fuente: Autoras

De acuerdo a la tabla 14 se puede observar que la zona de estudio que fue afectada por incendios forestales en el 2018 posee un suelo arenoso en un 70%, esto se debe que a los suelos de páramo son de textura gruesa por su origen volcánico. Además, se puede observar que un 27% está conformado por limo y de manera escasa con tan solo un 3% está formado por arcilla. Por otro lado, de acuerdo a la tabla 15 se puede observar que los suelos que no han sido afectados por incendios forestales poseen en su estructura un 57% de suelo arenoso, un 40% de limo y un 3% arcilla.

Dando como resultado que las zonas de estudio pertenecen a la estructura Franco- arenosa las mismas que se caracteriza por estar compuesta de la siguiente manera: Arcilla < 7%, Limo < 50 % y Arena  $\geq$  52 %. Es importante mencionar que los suelos de páramo poseen textura gruesa y contienen un nivel alto de aireación por lo que permiten la penetración del aire (Gisbert, Ibañez, & Moreno, 2010).

### 5.2.8. Hierro, cobre, zinc y boro

**Tabla 16**

*Análisis de micronutrientes en páramo afectado de la comunidad de Pesillo*

Código Del Punto	Hierro (Ppm)	Cobre (Ppm)	Zinc (Ppm)	Boro (Ppm)
001 Yanajaca	167,93	1,08	11,56	0,63
002 Yanajaca	94,44	1,34	14,26	0,16
003 Yanajaca	68,42	1,18	11,8	0
004 Yanajaca	42,7	1,18	14,33	0,29
005 Yanajaca	37,36	1,27	12,63	0,19
006 Yanajaca	114,12	1,11	8,39	0,24
007 Palta Pucará	46,13	1,23	13,25	0,2
008 Yanajaca	71,55	1,15	7,49	0,21
009 Palta Pucará	38,71	1,04	16,45	0,11
010 Palta Pucará	2,36	1,29	11,11	0,26
011 Palta Pucará	50,53	0,99	15,45	0,16
012 Palta Pucará	41,3	1,12	9,28	0,16
013 Palta Pucará	36,44	1,01	8,77	0,18
014 Palta Pucará	24,94	1,02	12,85	0,27
015 Yanta Ladera	66,27	1,05	9,88	0,01
Promedio	60,21	1,14	11,83	0,20
Valor máximo	167,93	1,34	16,45	0,63
Valor mínimo	2,36	0,99	7,49	0

**Nota.** Fuente: Autoras

**Tabla 17***Análisis de micronutrientes en páramo no afectado de la comunidad de Pesillo*

<b>Código Del Punto</b>	<b>Hierro (Ppm)</b>	<b>Cobre (Ppm)</b>	<b>Zinc (Ppm)</b>	<b>Boro (Ppm)</b>
016 Talcas	106,05	6,03	12,3	0,11
017 Talcas	116,01	5,88	18,18	0,18
018 Talcas	121,56	6,27	13,59	0,21
019 Talcas	114,54	6,66	30,63	0,16
020 Talcas	176,1	6,06	27,54	0,22
021 Talcas	157,65	6,45	20,58	0,17
022 Talcas	228,36	7,71	11,46	0,47
023 Talcas	160,5	5,97		0,16
024 Talcas	126,96	6,21	28,65	0,19
025 Talcas	263,58	6,78	30,93	0,56
026 Talcas	154,26	6,12	33,6	0,23
027 Talcas	217,26	5,61	25,23	0,38
028 Talcas	159,21	5,7	32,76	0,24
029 Talcas	151,02	6,51	29,61	0,18
030 Talcas	117,96	6,18	14,34	0,07
Promedio	158,07	6,28	23,53	0,24
Valor máximo	263,58	7,71	33,6	0,56
Valor mínimo	106,05	5,61	11,46	0,07

**Nota.** Fuente: Autoras

Como se puede observar en las tablas 16 y 17 al realizar el análisis de hierro, cobre, zinc y boro en las 2 zonas se muestra que en la zona no afectada tiene en promedio 158,07 ppm de hierro, con un valor máximo de 263,58 ppm y un valor mínimo de 106,05 ppm, un promedio de 6,28 ppm de cobre, con un valor máximo de 7,71ppm y un valor mínimo de 5,61ppm, un promedio de 23,53ppm zinc, con valor máximo de 33,6ppm y un valor mínimo 11,46ppm y en cuanto boro contiene en promedio 0,24ppm con un valor máximo de 0,56ppm y un valor mínimo de 0,07ppm.

La presencia de micronutrientes en suelos de páramo ha sido esencial para el adecuado crecimiento de la vegetación nativa o existente en el lugar y para mantener la estabilidad de la estructura del suelo del sector, de esta manera se ha podido obtener rendimiento elevado de los mismos (Navarro Blaya & Navarro, 2003).

En comparación con la zona que se ha sido afectada por incendios forestales contiene un promedio de 60,21 ppm de Hierro, teniendo un valor máximo de 167,93 ppm y un mínimo de 2, 36 contiene un promedio de 1,14 ppm de cobre un valor máximo de 1,34 ppm y un valor mínimo de 0,99 ppm. Con respecto al zinc las muestras de suelo analizadas contienen en promedio 11,83 ppm, teniendo un valor máximo de 16, 45ppm y un valor mínimo de 7,49 ppm. De igual manera con el boro que en promedio contiene una cantidad de 0,20ppm, con un valor máximo de 0, 20 ppm y un valor mínimo de 0 ppm.

De manera general se puede decir que los suelos de páramo contienen bajas cantidades de micronutrientes. Esto se intensifica cuando los mismos se han visto afectados por cambios bruscos como un incendio forestal (Navarrete Segueda, Vela Correa, López, & Rodriguez, 2011, págs. 29-37).

De acuerdo con los autores (Yildiz, Esen, Sarginci, & Toprak, 2010) comentan que la pérdida de nutrientes varía por la influencia de algunos factores como la capacidad de infiltración del suelo después de un incendio, así como también la cantidad de lluvia. Pero al final se observa una notoria degradación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

### **5.3. Estimación de las emisiones producidas por incendios forestales**

En el mes de octubre se produjo un incendio forestal, que afectó directamente a 78 ha de pajonal dentro de los páramos de Pesillo. Se requiere determinar la cantidad de emisiones de los gases de efecto invernadero que provienen de este catastro. En la siguiente fórmula reemplazar los datos:

$$L_{fuego} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$$



**Tabla 18**  
*Resultados del ejemplo*

<b>Gases</b>	<b>Respuesta 1 (ton)</b>	<b>Respuesta 2 (ton)</b>
CO <sub>2</sub>	1868,33	110,04
CO	75,29	23,16
CH <sub>4</sub>	2,66	1,04
N <sub>2</sub> O	0,24	0,12
NO <sub>x</sub>	4,52	2,78

*Nota.* Fuente: Autoras

## **5.4. Plan de reforestación para las zonas afectadas por los incendios forestales**

### **5.4.1. Objetivo**

Diseñar una guía que permita establecer los tipos de vegetación nativa de alto valor ecológico que se pueden implementar en las zonas afectadas por incendios forestales y así acelerar la regeneración natural de la zona además de recuperar el paisaje y las condiciones iniciales del sector afectado.

### **5.4.2. Fundamentación**

A propósito de la reforestación en general y de la reforestación específica de los páramos, desde hace varios años se mantiene un debate sobre el tipo de especies que han de usarse en esta tarea. Por un lado, organismos de las Naciones Unidas (PNUD), empresas privadas, e inclusive algunos dirigentes campesinos indígenas plantean que la reforestación de estas zonas debe hacerse con especies comerciales. Por otro lado, organismos ecologistas y dirigentes sociales comprometidos con la defensa del medio ambiente plantean que la reforestación, especialmente de los páramos debe hacerse con especies propias de esos ecosistemas.

El argumento de los primeros, representados por programas de reforestación del MAG, es que la reforestación con especies comerciales como el eucalipto, pino, ciprés y otras coníferas pueden significar ingresos económicos para los miembros de las comunidades; y, además, en

concordancia con los esfuerzos por mitigar el cambio climático, se sostiene que estas especies forestales ayudarían mediante la captación del CO<sub>2</sub> atmosférico (Albán & Arguello, 2004).

Desde la otra corriente se plantea que los riesgos de la presencia de especies comerciales, en ecosistemas tan delicados como el páramo trae más perjuicios que beneficios (Granda, 2005). Los páramos son ecosistemas muy delicados frágiles, pero cumplen una función importante en el cumplimiento del ciclo del agua y abastecen de este líquido vital a las poblaciones de las zonas bajas. La presencia de especies forestales extrañas en este ecosistema puede alterar dramáticamente sus funciones, provocar desbalances hídricos, provocar cambios en la estructura de los suelos y propiciar la pérdida de la biodiversidad nativa.

En cuanto a los impactos de la reforestación con especies extrañas a la biodiversidad de los ecosistemas, ya se conocen experiencias en la serranía ecuatoriana, como en la provincia de Bolívar, cuyos páramos se secaron por la presencia de pinos, ya que la demanda de agua de estos árboles fue mayor que la capacidad de captación de los páramos, afectando de manera directa a las poblaciones cercanas cuyos manantiales se secaron (Carrere, 2005).

De la experiencia de siembra de pinos en los páramos de la provincia de Bolívar, si bien no hay unanimidad total al respecto, la opinión mayoritaria de los miembros de las comunidades, es que la plantación de pinos ha sido un error y que es más lo que se ha perdido de lo que se ha ganado. En tanto los posibles beneficios se reducen a la obtención de leña, madera e ingresos por la venta de madera y hongos; mientras que los perjuicios implican la pérdida de medios de vida como el pastoreo, ventas de animales y lana, medicinas, paja para techos, alimentos, materiales para artesanías, leña de especies nativas y especialmente pérdida de agua (Ídem).

Desde la economía ecológica (Hauwermeiren, 1999), se sostiene que toda actividad económica produce externalidades que no son consideradas, ya que el objetivo de la economía clásica es la búsqueda de la rentabilidad exclusivamente; desde esta visión, la siembra de especies comerciales en los páramos es eminentemente una actividad comercial y producen externalidades no deseadas, muchas de ellas son inciertas desconocidas o irreversibles. Como el secamiento de los manantiales, la pérdida de especies vegetales rastreras que cubren y protegen el suelo de la erosión.

Por eso se argumenta que la reforestación de los páramos debe hacerse con las especies apropiadas; es decir, con aquellas que son propias de este ecosistema, con las cuales se estará garantizando que la función ecológica del páramo, que es la de completar el ciclo del agua se cumpla de manera satisfactoria (Granda, 2005).

La reforestación de una zona de páramo que se ha visto afectada por incendios forestales, con especies nativas, tiene implicaciones especialmente económicas, ya que algunos miembros de las comunidades no están dispuestos a aportar con su mano de obra para la realización de estos trabajos, mientras que otros argumentan que su trabajo no genera réditos económicos, desconociendo la importancia de la restitución de la especie nativa para la rehabilitación del ciclo de captación de agua que cumplen los páramos.

Por este motivo se propone una metodología de reforestación que imite a la naturaleza; este proceso es conocido como “sucesión ecológica”.

### **5.4.3. Metodología**

#### **Fases de la sucesión ecológica**

En condiciones naturales las especies que han sido eliminadas del suelo, en este caso del páramo a causa de los incendios forestales, tienden a regenerarse de manera natural, el mismo

que tiene varias etapas en la sucesión de especie, desde las primeras arbóreas hasta los arboles clímax, que es la vegetación final de los ecosistemas. A continuación, se describirá brevemente las etapas de la sucesión ecológica mediante las cuales se restituye la vegetación en el páramo:

**Primera fase.** - en un primer momento aparecen las especies simples como los líquenes, musgos, algunas gramíneas estoloníferas (*Clinopodium nubigenum*, *Lycopodium clavatum*, *Gunnera magallanica*) que tienen la función de cubrir el suelo y evitar pérdidas físicas como las que ocurren en el suelo cuando está expuesto a la acción de la lluvia en las laderas; también las almohadillas cuya función es la de retener agua. Adicionalmente estas especies vegetales tiene la misión de aportar materia orgánica y movilizar algunos nutrientes para el apareamiento de las especies que vendrán en la siguiente fase. Normalmente esta fase se cumple en los páramos por lo menos en un año.

**Segunda fase.** - una vez que las herbáceas primarias han completado su ciclo de vida, el suelo queda con moderadas cantidades de materia orgánica y algunos nutrientes disponibles para las especies arbustivas que aparecen a continuación. En esta fase en condiciones naturales aparecen especies como (*Lupinus pubescens*) y otras que se mencionan en la tabla 17. El ciclo de vida de estas especies es variable entre 1 y 2 años mientras que otras pueden ser perennes.

**Tercera fase.** - en esta fase aparecen las especies que formaran parte del ecosistema natural del páramo de forma definitiva, y corresponden a ciertas especies arbustivas y especies forestales como (*Oreopanax ecuadorensis*, *Hesperomeles obtusifolia*) y otras que se describen en la tabla 18. El proceso completo de sucesión ecológica, es decir hasta la maduración de las especies clímax puede durar hasta 50 años.

La presente propuesta de reforestación del páramo de Pesillo, tomara como referencia el proceso de sucesión natural que ocurre en la naturaleza, pero con una optimización del tiempo, acordándolo menos de 2 años.

El desarrollo de esta guía es fundamental para el mantenimiento de los páramos de Pesillo, los mismos que ayudan a contribuir a la acumulación de agua, a la captación de carbono y de la misma manera fortalecer la adaptación ecológica y comunitaria del cambio climático para así conservar el hábitat de muchas especies, combatir la contaminación y frenar los incendios forestales.

Reforestar la zona de estudio juega un papel clave puesto que implicará sembrar plántulas de especies que ayuden a conservar, tanto el ecosistema páramo como también mantener estable el ciclo hidrológico, el mismo que se encarga del abastecimiento de agua no solo a la comunidad de Pesillo si no a todas las ciudades de nuestro país.

Además, el plan de reforestación ayudará a que la comunidad de Pesillo forme parte de un proyecto de cultura ambiental, todo esto para que puedan recuperar la cobertura vegetal de la zona que ha sido afectado por el último incendio forestal ocurrido en el año 2018.

Una de las metas planteadas con el desarrollo de este plan es reforestar 78 hectáreas las cuales corresponden a la zona de Yanta ladera, Palta pucará, Yanajaca y de esta manera recuperar zonas de gran importancia hidrológica y ambiental.

Para la reforestación del páramo se tomará como referencia el proceso natural de regeneración de las especies en los páramos después de una disturbación o quema. La propuesta de reforestación planteada en este trabajo busca imitar al proceso de sucesión ecológica antes descrito, pero reduciendo el tiempo de regeneración a no más de 2 años. La

restitución de especies vegetales dependerá de la altura del suelo, porque la altura condiciona el desarrollo de las mismas.

En terrenos ubicados sobre los 3900 msnm la reforestación se hará exclusivamente con paja de paramo, mientras que en los pisos altitudinales inferiores se procederá primero a la siembra de una leguminosa de ciclo corto, el Allpatauri (*Lupinus pubescens*), que será la especie encargada de restituir las condiciones físicas y bioquímicas del suelo, aportar materia orgánica, movilizar nutrientes, es decir, crear las condiciones y un microclima favorable para el desarrollo adecuado de las especies definitivas.

#### **5.4.4. Selección de especies**

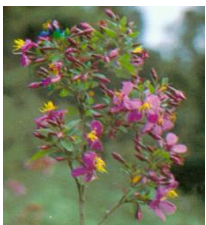



La zona de estudio debido a sus condiciones geológicas y meteorológicas se caracteriza por tener gran variedad de especies vegetales. Sin embargo, es importante mencionar que la vegetación de los páramos andinos se clasifica en tres grupos de acuerdo a su estructura, páramo arbustivo, páramo de pajonales y súper-páramo.





Conociendo la importancia de recuperar las condiciones de las zonas afectadas por incendios forestales en los páramos de Pesillo, se propone establecer especies nativas que existieron en la zona las mismas que ayuden a mantener el ecosistema páramo (Beltran, Salgado, Cuesta, Cádenas, & Velástegui, 2009).

De acuerdo a las condiciones actuales de la zona podemos sugerir diferentes tipos de especies entre ellas están:

**Tabla 19**





*Especies arbustivas*

Imagen	Nombre Científico	Familia	Nombre Común	Descripción
	<i>Monochaetum myrtoideum</i>	Melastomataceae	Angelito	Arbusto de rápido crecimiento, el cual permite la conservación hidrológica, se reproducen por medio de estacas.
	<i>Dilplostegium lavandulaefolium</i>	Asteraceae		Especie de arbusto leñoso característico del pajonal, sus flores de color claro y forma estrellada.
	<i>Chusquea scandens</i>	Poaceae	Chusque	Permiten la conservación de cuencas hidrográficas, se siembra por estaca, es decir se siembra una parte de la planta, la cual debe tener una raíz de 50 cm de largo.
	<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae	Uva Camarona	Especies que resisten suelos pobres de nutrientes y climas helados, se propagan por semillas.

	<i>Chusquea sp.</i>	Poaceae	Zona/ Hábitat	Especies que necesitan suelos húmedos con abundante luz solar, para su siembra se cortan partes de su tallo y su raíz los mismos que serán plantados en el lugar que donde permanecerán para siempre.
	<i>Lupinus pubescens</i>	Fabaceae	Allpatauri	Son especies silvestres del chocho, parecidas a la cultivada. Esta especie se siembra mediante semillas.
	<i>Hypericum laricifolium</i>	Hypericaceae	Romerillo Matikillkana Chinche	Arbusto pequeño que sirve de alimento para los animales. Crecen en altitudes de 3.000 a 4.000 msnm, su forma de reproducción es mediante semillas.
	<i>Puya clava-herculis</i>	Bromeliaceae	Achupalla	Especies características de los páramos del Ecuador, son muy conocidos ya que se utiliza el corazón de la planta como alimento para animales. Alcanzan hasta los 3 m de altura, su propagación es por semillas.







	<i>Brachyotum ledifolium</i>	Melastomataceae	Pucachaglla Ilinche	Son arbustos propios de altitudes de entre 2.900 a 3.500 msnm,
	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Escalloniaceae	Atallpa kiwa Chanchakuna Putsu	Especies que tienen forma de campanita son comestibles y utilizadas como planta medicinal. Su reproducción es mediante semillas pero también pueden propagarse por estacas.
	<i>Tristerix longibracteatus</i>	Loranthaceae	Yana mingari Puka mingari	Arbusto muy ramificado de color verde teñido, se usa como una planta medicinal.
	<i>Brachyotum ledifolium</i>	Melastomataceae	Puka chaklla Arete del Inca Inchi chaklla	Arbustivo de color amarillo pálido, se puede utilizar como cerca viva. Sus semillas son diminutas.





	<i>Valeriana microphylla</i>	Caprifoliaceae	Washilla Valeriana Hapapu hata	Especie muy conocida por sus propiedades medicinales y como forraje de animales. Crecen en altitudes de 2000 a 4500 msnm.
	<i>Chuquiraga jussieui</i>	Asteraceae	Chuquiragua Lanzas de candela	Arbusto cuyas flores son de forma de cabezuela, sus semillas se propagan por el viento
	<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae	Uva de páramo	Especies de flores de color rosado claro, son comestibles y típicas de zonas del páramo. Especie que se propagan por semillas y mediante estacas
	<i>Brachyotum alpinum</i>	Melastomataceae	Urku pichana	Especie endémica del Ecuador, su reproducción es mediante semillas






**Nota.** Fuente: Autoras




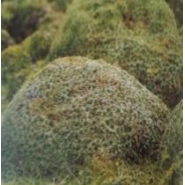

**Tabla 20**

*Especies herbáceas*

Imagen	Nombre Científico	Familia	Nombre Común	Descripción
	<i>Paepalanthus dendroides</i>	Eriocaulaceae	Cardoncillo espinoso	Especies de color blanco que permiten recuperar suelos erosionados, se siembran por semilla.
	<i>Cortadeira sp.</i>	Poaceae	Cortadera	Especies llamativas con aspecto de una caña, permite la protección de humedales, se siembra por semillas
	<i>Juncus sp.</i>	Juncaceae	Junco	Especies propias de zonas, sus semillas se propagan de manera natural ya sea por el viento o por el agua.
	<i>Stipa ichu</i>	Poaceae	Paja de páramo	Planta que crece en forma de manojos, sus semillas son transportadas por el viento, el agua y los insectos. Se puede propagar por bloques de sus raíces.

	<i>Hypochaeris sessiflora</i>	Asteraceae	Urcutañi Achicoria Killu tane	Especie que crece pegada al piso, ayudan en la conservación del agua y su reproducción es por semillas.
	<i>Azorella pedunculata</i>	Apiaceae	Tumpusu	Especie en forma de almohadilla, se las utiliza como adorno en los pesebres.
	<i>Gunnera magellanica</i>	Gunneraceae	Conejo kiwa Orejuela	Planta con flores de color verde-rojizas, importantes para la acumulación de agua.
	<i>Clinopodium nubigenum kuntze</i>	Lamiaceae	Sunfo	Especies muy aromáticas utilizada para infusiones, importante para la conservación de agua en los páramos.

	<i>Lycopodium clavatum</i>	Lycopodiaceae	Musgo Rabo de mono	Hiervas con tallos rastreros, se reproducen por esporas para un crecimiento rápido se utiliza una parte de su tallo.
	<i>Lamourouxia virgata</i>	Ericaceae	Chalchi vara Cuy ishimi	Plantas con ramas delgadas de color rojizo, crecen por medio de semillas.
	<i>Plantago australis</i>	Plantaginaceae	Llantén de páramos	Hierbas con hojas alargadas de color verde y con tintes morados ayudan en la conservación del agua.
	<i>Hypochaeris sonchoides</i>	Asteráceas	Achicoria	Especie que se encuentran en todos los páramos forman almohadillas.
	<i>Castilleja arvensis</i>	Orobanchaceae	Yawartaico- candelilla Talón de sangre	Pequeña planta que crece desde los páramos hasta los valles interandinos. Se caracterizan por que la parte superior de la planta es de color rojizo.





	<i>Gentiana sedifolia</i>	Gentianaceae	Lligllisisa-sachamor	Son especies de pequeño tamaño, generalmente aparecen luego de la quema de pajonal.
	<i>Werneria sp.</i>	Asteracea	Almohadilla	Son especies cuyas flores se caracterizan por ser blancas, soportan condiciones climáticas extremas.
	<i>Ranunculus guzmanii</i>	Ranunculaceae	Rosa de los Andes Rosa de los cerros Urcurosa	Son llamativas por su forma y color de sus flores rojizas, generalmente crecen en la parte más alta de los páramos.
	<i>Plantago rigida</i>	Plantaginaceae	Almohadones de plantago Colchón de pobre	Típicos de los páramos, en ella contiene grandes cantidades e humedad y permiten determinar la acidez de los páramos.
	<i>Oncidium cucullantum</i>	Orchidaceae	Orquídea	Son especies que crecen en los páramos sobre troncos viejos y ramas gruesas.

**Nota.** Fuente: Autoras




**Tabla 21**  
*Especies arbóreas*

<b>Imagen</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Descripción</b>
	<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	Aliso	Especies de color gris son ser sembradas a una distancia prudente de vertientes de agua, permiten la regeneración de suelos, se siembran por semilla y en hileras.
	<i>Brugmansia candida</i>	Solanaceae	Borrachero Blanco	Especies cuyas semillas son venenosas, se siembran cerca de ríos y en pantanos.
	<i>Myrsine guianensis</i>	Myrsinaceae	Cucharo	Especies de rápido crecimiento, permiten la recuperación de suelos pobres y erosionados.
	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Cunoniaceae	Encenillo	Especies de ramas delgadas y flores pequeñas de color blanco, no exigen suelos ricos y son muy resistentes a climas helados.



	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	Gaque	Especies que pueden se sembradas en suelos profundos, resistentes a vientos fuertes y a climas helados.
	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	Rosaceae	Mortiño	Especies de ramas con espinas, se siembra por semillas y por estacas, a 1cm de profundidad, cuando sus plántulas alcanzan los 20 cm se siembran en lugares definitivos, su propagación es mediante semillas.
	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Araliaceae	Pumamaki Jurapango Mishimaki	Especies cuyas hojas son de color verde olivo en el haz y gris en el envés, se la utiliza como planta medicinal y madera, dentro de la agroforestería. La reforestación con este árbol se la puede realizar con estacas y mediante semillas.
	<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae	Palo de rosas Sacha capulí Urku rosas	Este árbol sirve como forraje de animales, para fabricar carbón y para preparar aguas aromáticas. Se siembra por medio de estacas en alturas de 1500 – 4000 msnm.



	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Rosaceae	Cerote	Especie útil para la reforestación, sus hojarascas sirven de abono, sus frutos son comestibles. Es muy típico de estos páramos, se puede propagar por plántulas o estacas.
	<i>Escallonia mytilloides</i>	Escalloniaceae.	Chachacomo Chun-chun	Árboles con hojas simples de color rojizo, son muy resistentes a las sequías y aridez. Crecen hasta los 4000 msnm, pero crecen con más frecuencia en altitudes de 3200 -3700 msnm,
	<i>Buddleia incana</i>	Loganiaceae	Quishuar	Son especies de crecimiento lento y se encuentran en peligro de extinción su madera se utiliza para la obtención de leña y su cultivo se puede realizar por semillas, estacas o retoños.

*Nota.* Fuente: Autoras

#### 5.4.5. Sistema de siembra y/o plantación

Para la selección definitiva de las especies a reforestar se requiere información sobre sus métodos de propagación.

La primera tarea necesaria para realizar la reforestación, es precisar las formas de cómo se reproducen las especies del páramo, ya sea por reproducción sexual (semillas) o por reproducción asexual (material vegetativo, estacas, estolones, etc.).

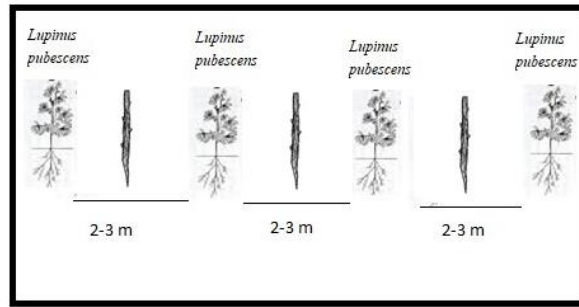
En el caso de reforestación con *Stipa ichu*, simplemente se obtendrán bloques de tierra con esta hierba y se procederá a enterrar en el área quemada.

Para la reforestación de las áreas ubicadas en los pisos altitudinales inferiores, primero se recolectará las semillas de *Lupinus pubescens* y se procederá a sembrarlas en las áreas quemadas. Esta planta, por ser de la familia de las leguminosas tiene la propiedad de fijar nitrógeno y las bacterias asociadas a sus raíces movilizan el fósforo. Adicionalmente su potente raíz pivotante tiene la capacidad de romper las capas compactadas del suelo y permitir la entrada de agua y aire hacia el interior, restituyendo las condiciones estructurales del mismo.

Una vez que las plantas de *Lupinus pubescens* han alcanzado entre 30 y 50 cm de altura se procederá a la siembra y/o plantación de las especies definitivas.

Las distancias de siembra serán entre 2 y 3 m entre si y una vez que el *Lupinus pubescens* haya completado su ciclo de vida, que será alrededor de 1 año las especies definitivas tendrán espacio suficiente para su desarrollo, como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Figura 10 Sistema de siembra a implementarse



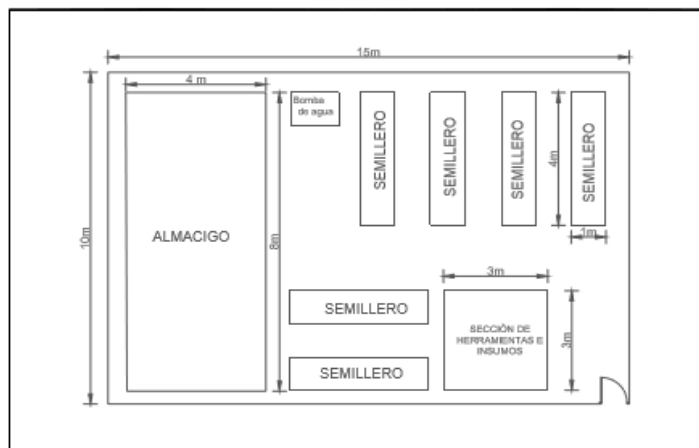
**Nota.** Fuente: Autoras

#### 5.4.6. Vivero

Como una alternativa, para la reforestación con especies de difícil prendimiento se recomienda la instalación de un vivero, en especial para especies arbóreas. El objetivo de construir un vivero será para producir semilleros, almácigo y bolsas con plántulas o estacas dependiendo del tipo de reproducción de las especies definitivas, como pumamaqui, quishuar, cerote, etc.

La construcción de las paredes y el techo se realizarán con plásticos normalizados para invernaderos (polietileno “larga duración”), los semilleros y la sección de herramientas e insumos serán contruidos, con la finalidad de optimizar costos.

Figura 11: Estructura del vivero



**Nota.** Fuente: Autoras

Para realizar esta actividad se presenta un cronograma, debido a que esta es una fuente de información necesaria e importante para el mantenimiento, manejo y siembra de cada una de las especies nativas con las que se realizara la reforestación, con el fin de producir el impacto deseado en los páramos afectados.

**Tabla 22**

*Cronograma de actividades para el vivero.*

ACTIVIDADES	SEMANAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Capacitaciones															
Construcción del vivero															
Implementación de accesorios															
Adecuación del vivero															
Obtención de tierra															
Análisis y obtención de semillas															
Supervisión															
Desinfección															
Germinación															
Siembra de semillas															
Riego															
Fertilización con abonos orgánicos															
Mantenimiento															
Trasplante de plántulas															
Crecimiento y desarrollo de especies															

*Nota.* Fuente: Autoras

En la semana 10 a 11 se podrá obtener plántulas de 40 a 50cm de altura.

### 5.4.7. Costos de vivero

A continuación, se presenta una estimación de los costos a implementarse tanto para la construcción y el mantenimiento del mismo.

**Tabla 23**

*Estimación de costos del vivero*

ACTIVIDADES GENERARLES	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
<b>Construcción</b>			
Plásticos	75 kilos	3,2	240
Madera	60 m	5	300
Clavos	5 kilos	1,8	9
Martillo	1	20	20
SERRUCHO	1	25	25
Mano de obra	20 jornales	20	400
Alambre	20 kg	5	100
Decámetro	1	10	10
<b>Herramientas y equipos</b>			
Palas	2	5,5	11
Azadones	1	5	5
Tijeras podadoras	1	18	18
Carretilla	1	55	55
Machetes	1	5	5
Baldes	2	6,5	13
Aspersores	2	3,5	7
Guantes	2	5	10
Botas de caucho	1	8	8
<b>Insumos</b>			
Semillas	-	-	-
Abonos orgánico	-	-	-
Tierra	-	-	-
Bolsas	3paq (50 uds)	64	192
Humus	-	-	-
Fertilizantes	5 kg	4,75	23,75
<b>Mantenimiento y riego</b>			
Mano de obra	30 jornales	20	600
Mangueras de 50 m	1	60	60
Bomba Gasolina 2,2 Hp Forte	1	520	520
<b>Total</b>			2631,75

*Nota.* Fuente: Autoras

#### **5.4.8. Mantenimiento**

Este método de reforestación prácticamente no requiere de cuidados de parte de los miembros de las comunidades, porque al tratarse de un método eminentemente natural, será la propia naturaleza que se encargue de brindar protección a las especies, en el caso del *Lupinus pubescens* este creará condiciones de humedad de temperatura y de fertilidad del suelo, que permitirá el desarrollo óptimo de las especies reforestadas. En consecuencia, las únicas actividades que deberán hacer las y los miembros de las comunidades es la recolección de las semillas de *Lupinus pubescens* y las siembras de las mismas. Una vez que este haya alcanzado la altura deseada habrá que cortar las estacas y proceder a la plantación de las especies seleccionadas para la reforestación.

Para el corte y preparación de las estacas se tomará en cuenta el conocimiento local, relacionado a las fases de la luna, que determina la época adecuada de corte; esta decisión es muy importante porque garantiza la estabilidad en las estacas porque de lo contrario, si se cortan en épocas adecuadas las estacas corren el riesgo de podrirse.

#### **5.4.9. Plan de concientización ambiental**

El plan de concientización ambiental se enfoca principalmente en el desarrollo sustentable de la comunidad, es decir un equilibrio entre lo ecológico, económico y social, el mismo que no solo se basa en la recuperación y conservación de los páramos, sino en que los pobladores identifiquen un problema ambiental, para así poder plantearse alternativas de solución y llevarlo a cabo mediante acciones específicas.

La concientización ambiental puede definirse como nuestra conducta u actitud frente al medio ambiente y el uso de los recursos que el mismo nos proporciona, es la práctica y comportamientos ambientales responsables tanto colectivos como individuales que permiten la aportación de mejoras (Sánchez & Lafuente, 2010, págs. 731-755).

De esta manera, se pretende desarrollar conciencia ambiental en las personas y así proponer cambios frente a posibles problemas ambientales que día a día degradan el ecosistema páramo.

#### **5.4.9.1. Objetivo General**

Orientar a la comunidad de Pesillo sobre el cuidado, conservación y restauración del ecosistema páramo, generando conciencia ambiental sobre las actividades productivas que se desarrollan cerca a los páramos mediante la participación ciudadana

#### **5.4.9.2. Objetivo específico.**

1. Identificar y realizar un diagnóstico de los posibles problemas ambientales de la comunidad de Pesillo
2. Proponer medidas y actividades que ayuden en la conservación de los recursos que proporcionan los páramos.
3. Fomentar la participación de la población mediante la impartición de talleres sobre temas medioambientales.

#### **5.4.9.3. Desarrollo**

La sociedad a lo largo del tiempo ha contribuido en la degradación de los páramos, generando que este ecosistema cada vez se vea afectado ya sea por las actividades productivas que se desarrollan alrededor del mismo o por actividades antropogénicas.

Es importante mencionar los servicios ambientales que los páramos proporcionan y que son fundamentales para la sociedad, como es la provisión y retención continua de agua necesaria para las comunidades como para el país siendo el páramo el mayor productor y colector de agua, así como también el almacenamiento de carbono atmosférico

La valoración de los páramos en Pesillo y en el Ecuador es crucial, ya que permiten instaurar un valor sustentable de todo el ecosistema que se pierde al afectarlo. Es necesario que se intervenga en lo más profundo de la conciencia de la población, ya que los pobladores se abastecen y aprovechan los recursos de la montaña (Berenger, Corraliza, Moreno, & Rodriguez, 2002).

Es por esta razón y debido a que el objetivo principal es recuperar zonas que han sido afectadas específicamente por incendios forestales se plantea el plan de concientización ambiental el cual propone actividades como talleres, charlas, diseño de material informativo, jornadas de capacitación y fomentar hábitos y actitudes sobre la preservación de los páramos, pues es indispensable convencer a los pobladores sobre la importancia del cuidado y conservación del ecosistema páramo, de esta manera reducir el riesgo de incendios forestales en estas zonas.

Para esto se determinarán los problemas ambientales que afectan directamente a los páramos de Pesillo, una vez identificado el problema será necesario recopilar información que nos permita realizar un diagnóstico claro de la situación. Una vez realizado el análisis de la información recopilada, se procederá a visualizar posibles mejoramientos tanto de cuidado y conservación (Miller, De, & Velázquez, 1994).



#### **5.4.9.4. Beneficios de incentivar la conciencia ambiental**

La sostenibilidad de la comunidad es la finalidad de la aplicación de la conciencia medio ambiental, de esta manera se logra que la población sea consciente de que el bienestar se logra a través del equilibrio social, económico y ambiental.

La educación ambiental es un aprendizaje constante que permite a los pobladores de la comunidad ser más participativos en cuanto a la recuperación y conservación de los recursos naturales, así la comunidad comprenderá la importancia de mantener los mismos.

Incentivar la educación ambiental ayudará a construir conocimientos que permitan tomar medidas ante problemas ambientales complejos de esta manera mantener el medio ambiente sano y sostenible no solo para la comunidad si no para el mundo.

Es importante mencionar que actualmente surge la necesidad de proteger el medio ambiente de factores como el calentamiento global y la contaminación, los mismos que están afectando la fauna y flora de nuestro ecosistema además de contribuir en seria afectaciones sobre la salud de los seres humanos.

**Tabla 24***Cronograma de actividades del plan de concientización ambiental*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	TAREAS	HORAS											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elaboración del plan de concientización ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulación de objetivos</li> <li>• Diseño de actividades y estrategias</li> <li>• Elaboración de material didáctico</li> </ul>				X								
Identificación de los problemas ambientales de la comunidad de Pesillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexión: Que es problema ambiental</li> <li>• Beneficios de la concientización ambiental</li> <li>• Identificación de los posibles problemas ambientales de la comunidad</li> <li>• Descripción de los problemas mediante el uso de fichas</li> </ul>							X					
Diagnóstico de los problemas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientación sobre la importancia de los páramos</li> <li>• charlas sobre el calentamiento global</li> <li>• Recopilación de información sobre los problemas identificados</li> <li>• Análisis de la información</li> </ul>								X				
Diseño de Propuestas de cambio conjuntamente con la comunidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulación de alternativas de solución para cada problema ambiental</li> <li>• Diseño de propuestas de mejoramiento y cuidado del ecosistema páramo</li> </ul>									X			
Aplicación de las propuestas de mejoramiento y cambio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de las propuestas de cambio con la participación de la comunidad</li> <li>• Difusión de la información para toda la comunidad</li> </ul>												X

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1.Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el mapa de las zonas de riesgos de incendios forestales en los páramos de Pesillo, se registraron los puntos más comunes de este catastro y se obtuvo 57% de zonas de alto riesgo, 29% de zonas de medio riesgo y 14% de zonas de bajo riesgo; sin embargo, no se descarta que toda la superficie de los páramos de Pesillo esté propensas a sufrir este evento, ya que los comuneros y no comuneros de esta zona habitualmente trabajan con el fuego para su sobrevivencia y si no existe un control de ello, se propagan con el viento hasta grandes alturas de los páramos.

De manera general, se puede decir que el cambio más significativo se da en la materia orgánica, ya que los datos obtenidos reflejan que, en el área afectada por el fuego. Al comparar lo valores de pH no muestran mucha significancia debido a que los páramos afectados ya se encuentran en estado de rebrote de la vegetación, considerando que el tiempo de recuperación del pH en el suelo son cortos.

En las muestras afectadas por incendios forestales se observa que existe reducción de micronutrientes, y por otro lado aumento de la materia orgánica, sin embargo, este cambio no afecta los parámetros mínimos que necesitan las especies vegetales para prosperar en el proceso de reforestación.

En cuanto a la textura, se obtuvo que el 100% del suelo perteneciente al páramo no afectado posee una composición franco arenosa, en comparación al páramo afectado cuyos suelos están compuestos en un 66,6 % de textura franco arenosa y un 33,33% de textura arena franca.

Se propone el cálculo de los gases de efecto invernadero derivadas de los incendios forestales según la metodología del IPCC, el cual deriva en la producción de 24 toneladas de CO<sub>2</sub> cada hectárea de terreno afectado por incendios forestales, el cual sería un gran impacto para el cambio climático, de acuerdo a varios estudios realizados hasta la actualidad este gas a aumentado considerablemente sus niveles de concentración en la atmosfera.

Esta ampliamente documentado que la reforestación es ideal para conservar los ecosistemas afectados por distintas catástrofes, es por ello que se planteó elaborar un Plan de reforestación para zonas afectadas por incendios forestales con plantas nativas de los páramos de Pesillo ya que son las más indicadas porque proporcionan nutrientes y protección al suelo, como es el caso de las especies herbáceas que son necesarias para evitar la erosión del suelo, esta restitución se pretende lograr mediante la sucesión ecológica, con el objetivo de mantener los servicios ecosistémicos de los páramos, es por ello que llegamos a comprender cuan necesario e importante es plantear proyectos a cerca de la reforestación para tomar conciencia y apoyar estas acciones que serán beneficiosas para nosotros y para nuestras futuras generaciones.

La vinculación de la comunidad en estudio con la elaboración del plan de Reforestación, permitió obtener con facilidad una información clara y precisa. Ayudo también a que ellos fueron los actores principales para reconocer una zona de riego y a conocer los problemas ambientales derivadas de los incendios forestales, haciendo una relación con el deterioro de la calidad de vida y la degradación de sus páramos.

## **6.2.Recomendaciones**

Se recomienda implementar propuestas que ayuden a la protección y conservación de los suelos de páramo especialmente en la comunidad de Pesillo, para así evitar su alteración y constante degradación.

Realizar capacitaciones específicas sobre los efectos que tiene la práctica de la agricultura y de otras actividades que se desarrollan en el suelo de páramo especialmente en zonas que son consideradas de alto riesgo a incendios forestales

El incentivar a la comunidad sobre la educación ambiental la misma que facilitará en la toma de acciones correctivas y preventivas ante los posibles problemas medioambientales existentes en el lugar.

La aplicación de talleres y charlas sobre el cuidado del ambiente es una herramienta de gran importancia, pues promueve el diseño y la implementación de actividades que ayuden en la recuperación y conservación de áreas naturales.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E., & Martínez, E. (2003). Sistema de Labranza y productividad de los suelos. Sustentabilidad en cultivos anuales. *Ciencias Agronómicas* 8, 13-25.
- Acevedo, O., Jaramillo, J., & Abril, H. (2013). ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI (CO<sub>2</sub> Y CH<sub>4</sub>) GENERADAS DURANTE EL TRANSPORTE DE GAS NATURAL EN COLOMBIA, APLICANDO METODOLOGÍA IPCC. *Revista Fuentes*, 43-51.
- Afif, E., & Oliveira, J. (2006). Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Invest Agrar*, 262-270.
- Agama, V. (2016). *Los Incendios Forestales Vulneran los derechos de la Naturaleza en el Distrito Metropolitano de Quito, en la Parroquia de Puembo en el año 2015( Tesis de pregrado)*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Aguilar, Z., Ulloa, C., & Hidalgo, P. (2009). *Plantas Útiles de los Páramos de Zuleta, Ecuador. Proyecto de Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Alpacas en los Páramos de Zuleta. PPA-EcoCiencia*. Quito.
- Aguirre, N., Torres, J., & Velasco, P. (16 de Diciembre de 2013). *Guía para la restauración ecológica en los páramos den Antisana*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>
- Albán, M., & Arguello, M. (2004). *Un análisis de los impactos sociales y económicos de los proyectos de fijación de carbono en el Ecuador. El caso de PROFAFOR-FACE*. IIED.
- Almendros, G., Ibàñez, J. J., Lobo, M., & Polo, A. (Enero de 1984). *Contribución al estudio de la influencia de los incendios forestales en las características de la materia orgánica del suelo. II. Transformaciones del humus por ignición en condiciones controladas de laboratorio*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/255717609\\_Contribucion\\_al\\_estudio\\_de\\_la\\_influencia\\_de\\_los\\_incendios\\_forestales\\_en\\_las\\_caracteristicas\\_de\\_la\\_materiaorganica\\_del\\_suelo\\_II\\_Transformaciones\\_del\\_humus\\_por\\_ignicion\\_en\\_condiciones\\_controladas\\_de\\_la](https://www.researchgate.net/publication/255717609_Contribucion_al_estudio_de_la_influencia_de_los_incendios_forestales_en_las_caracteristicas_de_la_materiaorganica_del_suelo_II_Transformaciones_del_humus_por_ignicion_en_condiciones_controladas_de_la)
- Andrea, M., & Merlet, P. (2001). Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, 755-774.
- Anhalzer, J., & Lozano, P. (2006). *Flores silvestres del Ecuador*. Quito: Mariscal.
- Beltran, K., Salgado, S., Cuesta, F., Cádenas, A., & Velástegui. (2009). *Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA*. Quito: Ediecuatorial.
- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático*. IDEAM.

- Berenger, J., Corraliza, J., Moreno, M., & Rodriguez, L. (2002). *La medida de las actitudes ambientales: propuesta de una escala de conciencia ambiental (Ecobarómetro)*.
- Borja, P., De Bièvre, B., & Cisneros, P. (2008). Desarrollo de funciones de Edafo-Transferencia para la caracterización hidráulica de Andosoles.
- Bravo, E. (2013). *Apuntes sobre la Biodiversidad del Ecuador*. Quito: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Buytaert, W., Iñiguez, V., & De Bièvre, B. (2007). The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *EL SEVIER*, 22-30.
- Camacho, M. (2014). Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Revista Anales*, 77-92.
- Capulín, J., Mohedano, L., & Razo, R. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*, 79-87. Obtenido de SciELO.
- Carpio, M., Maldonado, G., Mena, P., & Rodríguez, J. (2012). *El Páramo del Austro: usos del suelo y agroecología 3*. Quito: Abya-Yala.
- Carrere, R. (01 de Noviembre de 2005). *Pinos y eucaliptos en Ecuador: símbolos de un modelo destructivo*. Obtenido de America Latina en movimiento: <https://www.alainet.org/es/active/9628>
- Casanova Olivo, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Castañeda, A., & Montes, C. (Junio de 2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 210-221. Obtenido de Scielo.
- Castellanos, J. (2015). Guía para la interpretación de análisis del suelo y agua. *Academia-edu*.
- Castellanos, J., Uvalle, J., & Aguilar, A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Celaya: Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.
- Castillo M., P. P. (2003). *Incendios Forestales y medio ambiente: una síntesis global*. Revista ambiente y desarrollo de CIPMA: 19(3), 44-53.
- Cerda, A., & López, A. (2010). *Actualización en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectado por incendios forestales*. Valencia.
- Chávez, J. (1997). Viveros y reforestación en comunidades campesinas. Un proceso de innovación tecnológica. *Revista Andina*, 77-91.
- COIP. (10 de Febrero de 2014). Registro Oficial. Órgano del Gobierno del Ecuador . *Asamblea Nacional* . Quito, Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). Montecristi, Ecuador: Lexisfinder.

- Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. (16 de Mayo de 2004).  
Secretaría del del Convenio de Estocolmo. Ginebra, Suiza: PNUMA-IEH.
- Convenio sobre Diversidad Biológica. (6 de Marzo de 1995). Río de Janeiro, Brasil.
- Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (2005). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity: I. Survey protocols. *Computers and electronics in agriculture*.
- De la Cruz, R., Mena, P., Morales, P., & Ortiz, G. (2009). *Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y perspectivas en el Ecuador*. Quito: EcoCiencia-Abya Yala.
- De la Rosa, D. (2008). *Evaluación Agro-Ecológica de los Suelos: para un desarrollo sostenible*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Di Paola, M. (Abril de 2011). *Pagos por servicios ambientales: Análisis de la implementación en Argentina y situación específica del Fondo de la Ley de Bosques Nativos*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Paola/publication/262875365\\_Pagos\\_por\\_servicios\\_ambientales\\_Analisis\\_de\\_la\\_implementacion\\_en\\_Argentina\\_y\\_situacion\\_especifica\\_del\\_Fondo\\_de\\_la\\_Ley\\_de\\_Bosques\\_Nativos/links/0f3175390c31f828ca000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Paola/publication/262875365_Pagos_por_servicios_ambientales_Analisis_de_la_implementacion_en_Argentina_y_situacion_especifica_del_Fondo_de_la_Ley_de_Bosques_Nativos/links/0f3175390c31f828ca000000.pdf)
- Echeverría, H., & García, F. (2005). *Fertilidad de Suelos y fertilizacion de cultivos*. INTA.
- Echeverría, O., Manosalvas, A., & Túquerres, E. (31 de Octubre de 2017). *Plan de desarrollo turístico de la parroquia Olmedo-Pesillo 2016-2025*. Obtenido de issuu:  
[https://issuu.com/utnuniversidad/docs/digital\\_plan\\_ag](https://issuu.com/utnuniversidad/docs/digital_plan_ag)
- Espinosa, J. (2004). Suelos volcánicos, dinámicas del fósforo y producción de papa . *Memorias del XVII congreso latinoamericano de la Ciencia del Suelo*.
- Estrella, L. (26 de Noviembre de 2001). Los beneficios de reforestar con las especies nativas. *Vida y Cultura* .
- Estupiñán, L. H., Gómez, J. E., Barrantes, V. J., & Limas, L. F. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo El Granizo, (Cundimarca-Colombia). *U.D.C.A (Actualidad & Divulgación Científica)*, 79-89.
- FAO. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. Roma.
- FAO. (2017). *La estrategia de la FAO sobre el cambio climático*. Roma.
- Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos: Énfasis en suelos de América Latina*. Turrialba, Costa Rica: LICA.
- Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., & Montenegro, G. (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Santiago, Chile: Gráfica Lom.



- Fernández, L. L., Rojas, A., Roldán, C. T., Ramirez, I., Zegarra, M., Uribe, H. ..., & Arce, O. (2006). Análisis físicos y químicos en suelo. *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*.
- Fernández, M. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe*, 51-57.
- Flores, S., Groten, U., Lugo, S., & Váscquez, P. (2012). *Gente, vida y agua en los cerros: Una sistematización del Proyecto Páramo Andino en el Ecuador*. Quito: Abya-Yala.
- Galantini, J., & Suñer, L. (2008). Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina . *Agriscientia*, 41-55.
- Generalitat de Catalunya. (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)*. Cataluña: Comisión Interdepartamental de Cambio Climático.
- Gerrero, E. (2009). *Implicaciones de la minería en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú*. CONDESAN.
- Gilabert de Brito, J., López de Roja, I., & Pérez de Roberti, R. (1990). *Análisis de Suelos de Diagnóstico de Fertilidad: Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia*. Maracay, Venezuela: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias .
- Giovannini, G. (1997). The effect of fire on soil quality Physical and chemical aspects. En: Forest fire risk and management. *Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards*, 217-248.
- Gisbert, B. J., Ibañez, A. S., & Moreno, R. H. (2010). La textura del suelo.
- Gobierno Parroquial, O. (2015). *PDOT*. Cayambe.
- Goltenboth, F., Langenberger, G., & Widmann, P. (2006). Tropical lowland evergreen rainforest. *ScienceDirect*, 297-383.
- González, E., & Rodríguez, P. (2013). Aplicaciones de la teledetección en degradación de suelos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 285-308.
- Gonzalez, L., Ordoñez, L., & Narváez, É. (2011). ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE ECOSISTEMAS ANDINOS DEL ECUADOR (PEAE) EN EL CANTÓN QUIJOS. 3-15.
- Granda, P. (2005). *Sumideros de carbono en los Andes ecuatorianos: Impactos de las plantaciones forestales del proyecto holandés FACE-PROFAFOR sobre comunidades indígenas y campesinas*. Quito: Acción Ecológica.
- Gualavisí, O. (2009). Manual para el Análisis de Suelos.
- Guayaquil, M. (2013). *MARCO REGULATORIO ACTUAL Y PERSPECTIVAS JURÍDICAS DEL ECOSISTEMA FRÁGIL DE PÁRAMO EN EL ECUADOR (Tesis de pregrado)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

- Harden, C., Hartsig, J., Farley, K., Lee, J., & Bremer, L. (2013). Effects of land-use change on water in andean páramo grassland soils. *Annals of the Association of American Geographers*, 375-384.
- Hauwermeiren, S. (1999). *Manual de economía ecológica*. Abya-Yala.
- Heerma, O., Aguirre, N., & Hofstede, R. (2001). *Sistemas integrales para la sierra del Ecuador*. Quito: ECOPAR.
- Hernandez, H. (2016). *Espectroscopia de Absorción Atómica y Fotometría de Llama*. El Salvador.
- Hofstede, R. (2001). *El impacto de las actividades humanas sobre el páramo*. En *Los páramos del Ecuador. Particularidades y perspectivas*. . Quito.
- Hofstede, R. e. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimientos sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. Quito: UICN.
- Hofstede, R., & Mena Vásconez, P. (2000). *Los beneficios escondidos del páramo: servicios ecológicos e impacto humano. II Conferencia Electrónica sobre Uso Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes: " Los Páramos como fuente de Agua, Mitos, Realidades, Retos y Acciones*. Lima: CONDESAN.
- Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. San José: IICA.
- Hongmin, D., Mangino, J., & Mcallister, T. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (Vols. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, IV).
- Hoorn, J., & Alphen, J. (1994). Salinity Control. *Drainage principles and applications*, 533-600.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín .
- Jørgensen, P., Ulloa, C., Madsen, J., & Valencia, R. (1995). A floristic analysis of the high Andes of Ecuador. *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*, 221-237.
- Kass, D. (1996). *Fertilidad de Suelos*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Labrador, J. (1996). *La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación*. Madrid: Mundi- Prensa.
- Langmann B., D. B. (2009). *Vegetation fire emissions and their impact on air pollution and climate*. Atmospheric environment.
- León, C. (2018). *PROPUESTA DE SANCIONES SEVERAS EN EL CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL PARA QUIENES PROVOQUEN INCENDIOS FORESTALES EN EL ECUADOR ( Tesis de pregrado)* . Universidad Regional Autónoma de los Andes, Babahoyo.
- Ley Nº. 2004-017. (10 de Septiembre de 2004). Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre. Texto codificado. Quito , Ecuador.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua. (6 de Agosto de 2014). Registro Oficial. Órgano del Gobierno del Ecuador. *Asamblea Nacional*. Quito, Ecuador.

- Llovet, J. (2006). Degradación del suelo posterior al fuego en condiciones mediterráneas. Identificación de factores de riesgo. *ecosistemas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 199-202.
- MAE, M. d. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Marín, G. M., Aragón, R. P., & Gómez, B. C. (2002). *Análisis químico de suelos y aguas: manual de laboratorio*. Valencia: Ed. Unive. Politéc de Valencia .
- Martínez, A. G. (2008). La conciencia ambiental como una herramienta para la educación ambiental: reflexiones de un estudio en el ámbito universitario.
- Martínez, E., Fuentes, J. P., & Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *La ciencia del suelo y nutrición vegetal vol 8*, 68-96.
- Mataix Solera, J., Guerrero, C., Arcenegui, V., Bárcenas, G., Zornoza, R., Pérez, A., . . . Navarro, J. (2009). *Los incendios forestales y el suelo: un resumen de la investigación realizada por el Grupo de Edafología Ambiental de la UMH en colaboración con otros grupos*. Valencia.
- Mataix, J. (2011). Los efectos de Cuando se quema el Bosque. *Métode: Revista de Difusión de la Investigación*, 132.
- Mataix, J., & Cerda, A. (Diciembre de 2008). *Incendios forestales en España. Ecosistemas terrestres y suelos*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/229180770\\_Incendios\\_forestales\\_en\\_Espaa\\_Ecosistemas\\_terrestres\\_y\\_suelos](https://www.researchgate.net/publication/229180770_Incendios_forestales_en_Espaa_Ecosistemas_terrestres_y_suelos)
- Mataix, S. J. (2000). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales: contribución a su conservación y regeneración*. Alicante.
- MECN-INB. (2015). *Plantas de los páramos del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad*. . Quito.
- Mena, P., & Medina, G. (2001). *Los páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectivas*. Quito: Abya-Yala.
- Mena, P., Castillo, A., Flores, S., Hofstede, R., Josse, C., Lasso, S., . . . Ortiz, D. (2011). *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. Quito: EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA.
- Mena, P., Josse, G., & Medina, G. (2000). *Los suelos del páramo*. Quito: Abya-Yala.
- Miller, G., De, L. I., & Velázquez, V. (1994). *Ecología y medio ambiente: introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta Tierra*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Molinero, F., García, C., Cascos, E., Baraja, E., & Guerra, J. (2008). La percepción local de los incendios forestales y sus motivaciones en Castilla y León . *Ería*, 213-229.

- Morales, J., & Estévez, J. (2006). El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción? *Revista Luna Azul*, 39-51.
- Navarrete Segueda, A., Vela Correa, G., López, J., & Rodriguez, M. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. 29-37.
- Navarro Blaya, S., & Navarro, G. (2003). *Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Núñez, S. (2006). *Manual de Laboratorio de Edafología*. San José, Costa Rica: Euned.
- Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad d nutrientes. *Revista Manejo integral del suelo y nutrición vegetal*.
- Patzelt, E. (1996). *Flora del Ecuador*. Quito: Mariscal.
- Pausas, J. G. (2012). *Incendios forestales. Una visión desde la ecología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. España.
- Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). Los suelos de los páramos del Ecuador. *ResearchGate*.
- Porta, C. J., López, A. M., & Poch, R. (2008). *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Poulenard, J., Podwojewski, P., Janeau, J.-L., & Collinet, J. (2001). Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian Páramo: effect of tillage and burning. *ELSEVIER*.
- Pozo, D. (2010). *ESTUDIO DE LAS ÁREAS POTENCIALES PARA LA REFORESTACIÓN EN LA HACIENDA EL PRADO IASA I SANGOLQUÍ (Tesis de pregrado)*. Escuela Politécnica del Ejército, Quito.
- Quichimbo, P., Tenorio, G. B., Cárdenas, I., Crespo, P., & Céleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. . *Suelos Ecuatoriales*, 138-153.
- Quintero, M. (2010). *Servicios Ambientales Hidrológicos en la Región Andina. Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales*. Lima: CONDESAN.
- Requelme, N. (2013). *La producción agropecuaria y el desarrollo local de la comunidad de Pesillo, cantón Caymbe en las dos últimas décadas. ( Tesis de posgrado)*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Rioja, A. (2002). *Apuntes de Fitotecnia General*. Ciudad Real: E.U.I.T.A.
- Salcedo, K., & Escobar, S. (2014). *Estimación de la emisión de Gases de Efecto Invernadero por Incendios Forestales utilizando imágenes MODIS*. Medellín.
- Sánchez, M., & Lafuente, R. (2010). Definición y medición de la conciencia ambiental. *Revista internacional de sociología*, 731-755.

- Santoyo, J. C. (1995). Reflexiones, teoría y crítica de la traducción dramática. Panorama desde el páramo español. *En Teatro y traducción*, 13-24.
- SEGOB. (2013). *Incendios Forestales*. Mexico.
- Serrano, D., & Galárraga, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. *Revistas Científicas del CSIC*, 369-393.
- Simón, M., Peralta, N. R., & Costa, J. L. (Junio de 2013). *Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/262663093\\_Relacion\\_entre\\_la\\_conductividad\\_electrica\\_aparente\\_con\\_propiedades\\_del\\_suelo\\_y\\_nutrientes](https://www.researchgate.net/publication/262663093_Relacion_entre_la_conductividad_electrica_aparente_con_propiedades_del_suelo_y_nutrientes)
- SNGR. (2017). *Informe de Situación - Incendios Forestales (14/07/2017)*. Quito.
- Túquerres, E., & Echeverría, O. (7 de Noviembre de 2017). *Catálogo de Atractivos Turísticos parroquia Olmedo Pesillo*. Obtenido de issuu:  
[https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook\\_atractivos\\_olmedo](https://issuu.com/utnuniversity/docs/ebook_atractivos_olmedo)
- Úbeda, X. (2001). INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE QUEMADO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO DESPUÉS DE UN INCENDIO FORESTAL. *REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE LA CIENCIA DEL SUELO*, 41-49.
- Ulibarry U, G. (2017). *Impacto de los incendios forestales. Departamento de Estudios y Publicaciones*. Chile: BCN.
- Urretavizcaya, M. (2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 140-149. Obtenido de SciELO.
- Vargas, O. (Enero de 2013). *Disturbios*. Obtenido de ResearchGate:  
[https://www.researchgate.net/profile/Orlando\\_Vargas2/publication/260438569\\_Disturbios\\_en\\_los\\_paramos\\_andinos/links/0a85e53156625db4e1000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Orlando_Vargas2/publication/260438569_Disturbios_en_los_paramos_andinos/links/0a85e53156625db4e1000000.pdf)
- Vega, J., Landsberg, J., Bará, S., Paysen, T., Fontúrbel, M., & Alonso, M. (2000). Efectos del fuego prescrito bajo arbolado de *P. pinaster* en suelos forestales de Galicia y Andalucía. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 123-136.
- Wasseraman, M., Spinel, M. C., & Brieva, J. (2005). Estrategias adaptativas de plantas de páramo y del bosque alto andino en la cordillera Oriental de Colombia. Bogotá: UNIBIBLOS.
- Yáñez, P. (2016). Las áreas naturales protegidas del Ecuador: características y problemática general. 41-55.
- Yildiz, O., Esen, D., Sarginci, M., & Toprak, B. (2010). Effects of forest fire on soil nutrient in Turkish pine. *Journal of Environmental Biology*, 11-13 .

## GLOSARIO

**Andosoles.** - son suelos que son de origen volcánico, generalmente de colores oscuros y tiene alto porcentaje de fertilidad.

**Biotemperatura.** - promedio de las temperaturas que son inferiores a 30 °C y superiores a 0°C, además refleja las temperaturas que generan la evaporación del agua que se encuentra presente en el suelo.

**Bofedales.** - humedales que se encuentran específicamente en las zonas altoandinos

**Endémicas.** - que pertenece estrictamente a una zona o región. Propia de un lugar

**Especie de transición.** - aquella que se encuentra en un lugar, zona o región durante un tiempo determinado y espera la llegada de un cambio.

**Frailejones.** – especie nativa que crece en los páramos especialmente de los páramos del Carchi, El Ángel.

**Geliturbada.** - que contiene poco o nada de material solido en la parte superior del suelo, debido a la congelación y deshielo del agua

**Idiosincrasia.** - conjunto de comportamientos que son propios de una persona, pueblo o comunidad.

**Microclima.** - condiciones climáticas que son particulares de una zona, las cuales están influenciadas por factores ambientales

**Pirómano.** - individuo que generalmente provoca incendios

**Silicatados.** - minerales de gran abundancia que se encargan de la formación de rocas, están formados por oxígeno y silicio

## 8. ANEXOS

### Anexo 1: Formulación de Encuestas



Formulación de encuestas con los temas de tesis

Fuente: Gualán y Orbe 2018



Visita a cada uno de los habitantes de la comunidad de Pesillo en sus domicilios.

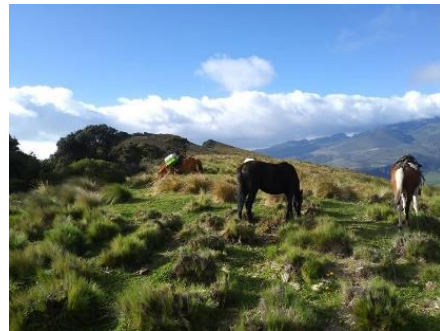
Fuente: Gualán y Orbe 2018

### Anexo 2: Delimitación del área de estudio



Ingreso a la zona afectada por incendios forestales

Fuente: Gualán y Orbe 2018



Uso de caballos para la movilización dentro de la zona

Fuente: Gualán y Orbe 2018



Vista desde la parte superior de las lomas de Pesillo  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Vista desde la parte superior de las lomas de Pesillo  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Cobertura vegetal que ha sido afectada por incendios forestales  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Zona Quemada, recorrido en la toma de puntos  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Cobertura vegetal que ha sido afectada por incendios forestales  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Cobertura vegetal que ha sido afectada por incendios forestales  
Fuente: Gualán y Orbe 2018





Cobertura vegetal que ha sido afectada por incendios forestales  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Cobertura vegetal que ha sido afectada por incendios forestales  
Fuente: Gualán y Orbe 2019

### Anexo 3: Muestreo de puntos en las dos zonas de estudio.



Verificación del punto mediante el uso de GPS  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Formación de la cuadrilla  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Formacion de la cuadrilla  
Fuente: Gualán y Orbe 2018



Formacion de la cuadrilla  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Cuadrilla con las medidas especificadas  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Toma de muestra en el lugar seleccionado  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Retiro de la cobertura vegetal u horizonte O  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Muestra de suelo sin cobertura vegetal  
Fuente: Gualán y Orbe 2019





Extracción de la cantidad necesaria de  
suelo afectado  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Submuestras de uno de los puntos  
seleccionados  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Mezcla de todas las submuestras del  
primer punto  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Uso de bolsas de plástico herméticas con la  
debida información para cada muestra de  
suelo  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Uso de balanza para pesar la cantidad  
exacta de cada muestra de suelo  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Peso de cada muestra de suelo  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



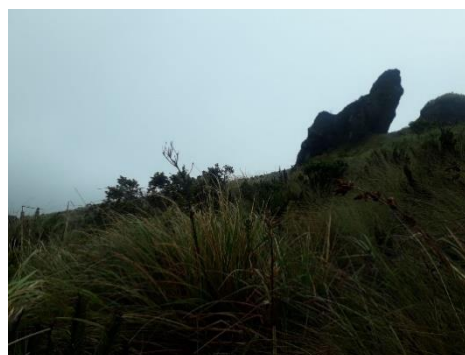
Ingreso a la zona que no ha sido afectada  
por incendios  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Recorrido por la zona que no ha sido  
afectada  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Zona que no ha sido afectada  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Zona que no ha sido afectada  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Toma de coordenadas del punto de  
muestreo  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Punto donde se tomó la muestra de suelo  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Extraccion de la cantidad de suelo  
necesaria para el análisis correspondiente  
Fuente: Gualán y Orbe 2019



Pesaje y correcto almacenamiento de la  
muestra de suelo  
Fuente: Gualán y Orbe 2019

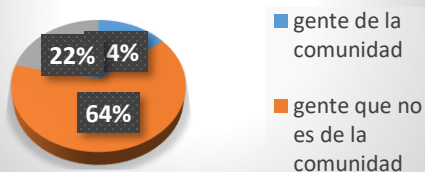


#### Anexo 4: Formato de encuestas

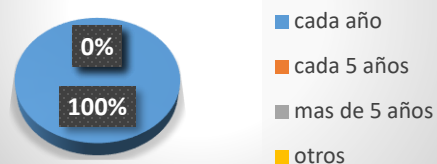
G. INFORMACIÓN SOBRE INCENDIOS EN EL PÁRAMO									
53.-¿Regularmente los incendios que se generan en los páramos son provocados por?									
Gente de la comunidad		Gente que no es de la comunidad		Otros					
54.- ¿Con qué frecuencia suceden incendios forestales en este lugar?									
Cada año		Cada 5 años		Más de 5 años		Otros			
55.- ¿Hace cuánto tiempo sucedió el último incendio y cuánto duro? (Se puede escribir la fecha)									
Fecha				Número de días de duración					
56.- ¿Las zonas afectadas por los incendios son siempre las mismas?									
Siempre		Son áreas nuevas		No sé					
57.- ¿Si es una zona nueva que se vio afectada, sabe usted cuanto tiempo llevaba la vegetación ahí?									
Menos de un año		5 años		10 años		Más de 20 años			
58.- ¿Los incendios que se generan en los páramos se extienden hacia otras comunidades cercanas?									
Si		No							
59.- ¿Si su respuesta es Sí ¿Cuál o cuáles son las comunidades afectadas?									
La Chimba									
Turucucho									
Puliza									
Otros									
60.- ¿Cuál es la extensión de tierra que se ha visto afectada por los incendios?									
De 1 a 10 hectáreas		De 10 a 50 hectáreas		De 50 a 100 hectáreas		Mayor a 100 hectáreas			
61.-¿ Indique el nombre del lugar/sector en el que se han producido los incendios forestales en los últimos 5 años?									
62.- ¿De las siguientes especies podría mencionar cuáles había en la zona afectada por incendios forestales?									
Taruga		Arrayanes							
Quishuar		Achupalla							
Chuquiragua		Pumamaqui							
Otros									
63.- ¿De los siguientes animales cuáles de ellos vivían en la zona afectada por incendios forestales?									
Gavilanes		Ciervos		Otros					
Lechuzas		Venados		Otros					
Lobos de páramo		Conejos		Otros					
Zorillos		Chucuris		Otros					
Murciélagos		Cóndores		Otros					
64.- ¿Quiénes han controlado los incendios producidos en la zona?									
Bomberos		Comunidad		Municipio		Otros			
65.-¿Considera usted que los incendios forestales que se generan en la comunidad pueden causar problemas a la salud?									
Si		No							

## Anexo 5: Resultados encuestas

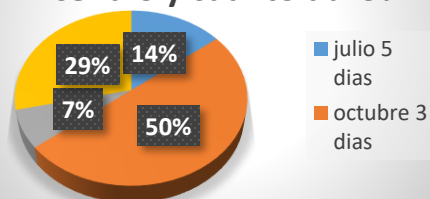
**1.-¿Regularmente los incendios que se generan en los páramos son...**



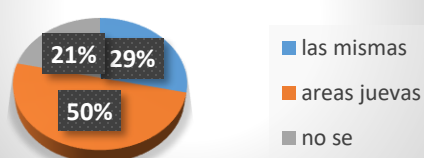
**2.-¿Con qué frecuencia suceden incendios forestales en este lugar?**



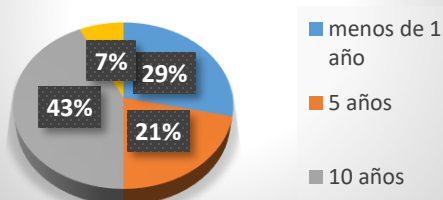
**3.-¿Hace cuánto tiempo sucedió el ultimo incendio y cuánto duro?**



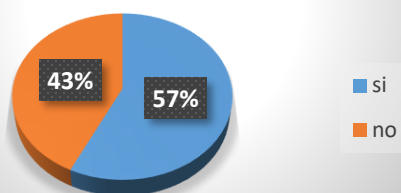
**4.-¿Las zonas afectadas por los incendios son siempre las mismas?**



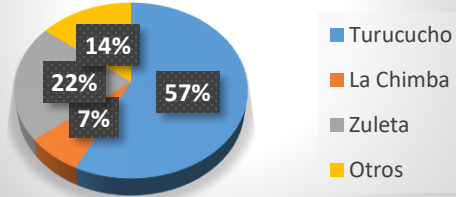
**5.-¿Si es una zona nueva que se vio afectada, sabe usted cuanto tiempo llevaba la vegetación ahí?**



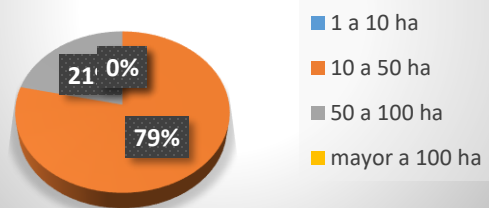
**6.-¿Los incendios que se generan en los páramos se extienden hacia otras comunidades cercanas?**



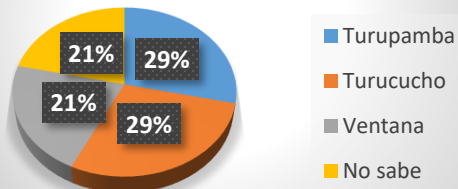
7.-¿Si su respuesta es Sí  
¿Cuál o cuáles son las  
comunidades afectadas



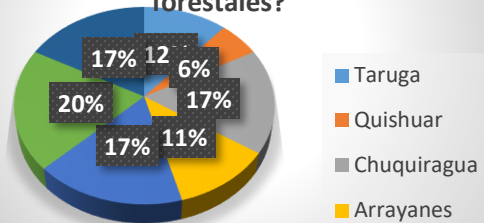
8.-¿Cuál es la extensión de  
tierra que se ha visto  
afectada por los incendios?



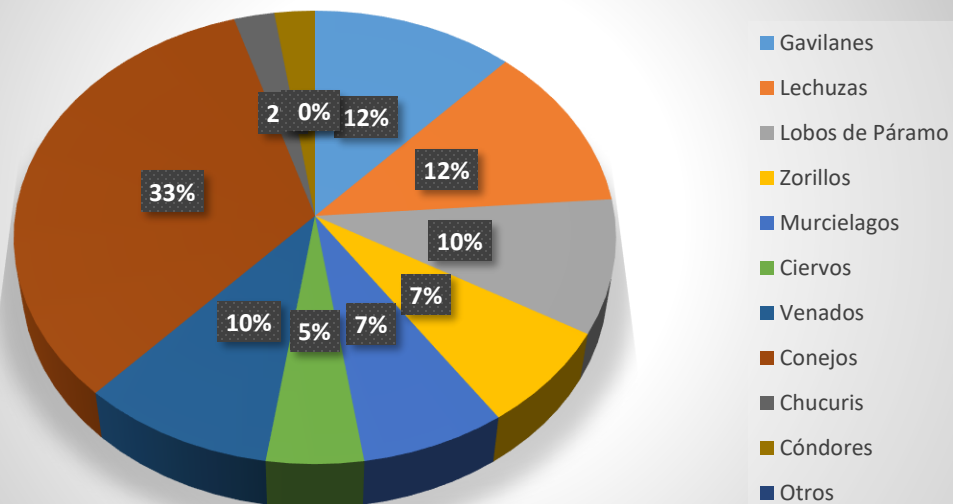
9.- ¿Indique el nombre del  
lugar/sector en el que se han  
producido los incendios forestales  
en los últimos 5 años?



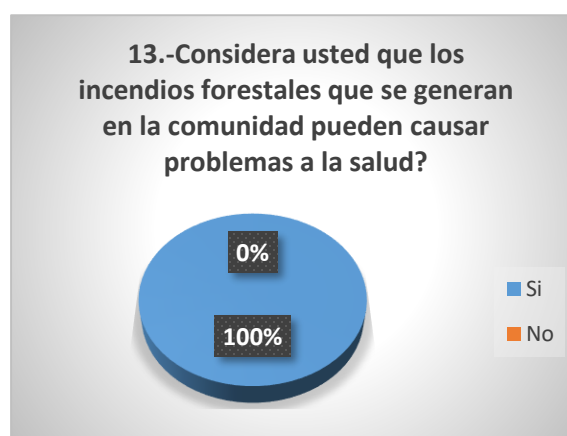
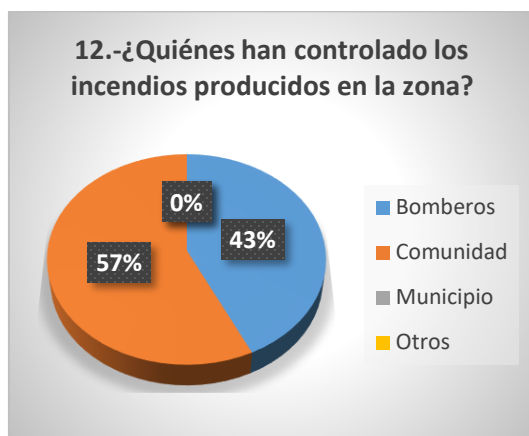
10.-¿De las siguientes especies  
podría mencionar cuáles había en  
la zona afectada por incendios  
forestales?



11.-¿De los siguientes animales cuáles de ellos vivían en la zona  
afectada por incendios forestales?







## Anexo 6: Tablas de análisis de pH, MO, nitrógeno total, macronutrientes.

**Tabla 25** *Análisis de pH en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo*

Páramo afectado		Páramo no afectado	
Código del Punto	Análisis de pH	Código del Punto	Análisis de pH
001 Yanajaca	4,76	016 Talcas	6,03
002 Yanajaca	4,9	017 Talcas	5,66
003 Yanajaca	4,81	018 Talcas	5,33
004 Yanajaca	4,98	019 Talcas	5,69
005 Yanajaca	5,1	020 Talcas	5,42
006 Yanajaca	5	021 Talcas	5,53
007 Palta Pucará	5,23	022 Talcas	5,4
008 Yanajaca	5,74	023 Talcas	5,49
009 Palta Pucará	5,08	024 Talcas	5,62
010 Palta Pucará	5,27	025 Talcas	5,16
011 Palta Pucará	4,69	026 Talcas	5,33
012 Palta Pucará	4,91	027 Talcas	5,53
013 Palta Pucará	4,88	028 Talcas	5,41
014 Palta Pucará	5,02	029 Talcas	5,32
015 Yanta Ladera	4,77	030 Talcas	5,6
Promedio	5,01	Promedio	5,50
Valor máximo	5,74	Valor máximo	6,03
Valor mínimo	4,69	Valor mínimo	5,16

**Nota.** Fuente: Autoras

**Tabla 26** *Análisis de conductividad eléctrica en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo*

<b>Páramo afectado</b>		<b>Páramo no afectado</b>	
Código del Punto	Conductividad (dS/m)	Código del Punto	Conductividad (dS/m)
001 Yanajaca	0,2549	016 Talcas	0,08454
002 Yanajaca	0,2927	017 Talcas	0,2052
003 Yanajaca	0,3033	018 Talcas	0,2837
004 Yanajaca	0,2385	019 Talcas	0,1712
005 Yanajaca	0,2949	020 Talcas	0,2426
006 Yanajaca	0,4898	021 Talcas	0,2146
007 Palta Pucará	0,4311	022 Talcas	0,711
008 Yanajaca	0,2951	023 Talcas	0,1932
009 Palta Pucará	0,1109	024 Talcas	0,2812
010 Palta Pucará	0,3016	025 Talcas	0,422
011 Palta Pucará	0,2891	026 Talcas	0,2439
012 Palta Pucará	0,8993	027 Talcas	0,2511
013 Palta Pucará	0,4418	028 Talcas	0,2142
014 Palta Pucará	0,1843	029 Talcas	0,2137
015 Yanta Ladera	0,5546	030 Talcas	0,2147
Promedio	0,3588	Promedio	0,2631
Valor máximo	0,8993	Valor máximo	0,711
Valor mínimo	0,1109	Valor mínimo	0,08454

**Nota.** Fuente: Autoras

**Tabla 27** *Análisis de materia orgánica en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo*

<b>Páramo afectado</b>		<b>Páramo no afectado</b>	
Código Del Punto	Materia Orgánica (%)	Código Del Punto	Materia Orgánica (%)
001 Yanajaca	29,14	016 Talcas	15,1
002 Yanajaca	29,65	017 Talcas	15,27
003 Yanajaca	26,34	018 Talcas	15,7
004 Yanajaca	31,17	019 Talcas	15,74
005 Yanajaca	19,95	020 Talcas	17,1
006 Yanajaca	36,77	021 Talcas	13,82
007 Palta Pucará	28,05	022 Talcas	14,31
008 Yanajaca	4,58	023 Talcas	19,84
009 Palta Pucará	35,3	024 Talcas	16,91
010 Palta Pucará	29,14	025 Talcas	19,06
011 Palta Pucará	43,91	026 Talcas	21,86
012 Palta Pucará	24,97	027 Talcas	24,82
013 Palta Pucará	30,26	028 Talcas	26
014 Palta Pucará	29,61	029 Talcas	22,74
015 Yanta Ladera	23,22	030 Talcas	14,7

Promedio	28,14	Promedio	18,20
Valor máximo	43,91	Valor máximo	26
Valor mínimo	4,58	Valor mínimo	13,82

**Nota.** Fuente: Autoras

**Tabla 28** *Análisis de nitrógeno total en páramos afectados y no afectados de la comunidad de Pesillo*

Páramo afectado		Páramo no afectado	
Código Del Punto	Nitrógeno Total (%)	Código Del Punto	Nitrógeno Total (%)
001 Yanajaca	1,46	016 Talcas	0,76
002 Yanajaca	1,48	017 Talcas	0,76
003 Yanajaca	1,32	018 Talcas	0,79
004 Yanajaca	1,56	019 Talcas	0,79
005 Yanajaca	1	020 Talcas	0,86
006 Yanajaca	1,84	021 Talcas	0,69
007 Palta Pucará	1,4	022 Talcas	0,72
008 Yanajaca	0,23	023 Talcas	0,99
009 Palta Pucará	1,77	024 Talcas	0,85
010 Palta Pucará	1,48	025 Talcas	0,95
011 Palta Pucará	2,2	026 Talcas	1,09
012 Palta Pucará	1,25	027 Talcas	1,24
013 Palta Pucará	1,51	028 Talcas	1,3
014 Palta Pucará	1,48	029 Talcas	1,14
015 Yanta Ladera	1,16	030 Talcas	0,73
Promedio	1,41	Promedio	0,91
Valor máximo	2,2	Valor máximo	1,3
Valor mínimo	0,23	Valor mínimo	0,69

**Nota.** Fuente: Autoras

**Tabla 29** *Análisis de macronutrientes en páramo afectado de la comunidad de Pesillo*

Código Del Punto	Fosforo (Ppm)	Potasio (Cmol/Kg)
001 Yanajaca	8,88	0,27
002 Yanajaca	1,61	0,2
003 Yanajaca	8,39	0,2
004 Yanajaca	8,88	0,46
005 Yanajaca	4,03	0,19
006 Yanajaca	8,64	0,43
007 Palta Pucará	16,59	0,39
008 Yanajaca	5,73	0,14
009 Palta Pucará	7,18	0,31
010 Palta Pucará	13,2	0,52
011 Palta Pucará	11,54	0,5
012 Palta Pucará	2,58	0,25
013 Palta Pucará	4,03	0,37

014 Palta Pucará	7,67	0,32
015 Yanta Ladera	3,31	0,46
Promedio	7,48	0,33
Valor máximo	16,59	0,52
Valor mínimo	1,61	0,14

*Nota.* Fuente: Autoras

**Tabla 30** *Análisis de macronutrientes en páramo no afectado de la comunidad de Pesillo*

Código Del Punto	Fosforo (Ppm)	Potasio (Cmol/Kg)
016 Talcas	<0,5	0,18
017 Talcas	2,82	0,18
018 Talcas	2,34	0,26
019 Talcas	2,34	0,2
020 Talcas	<0,5	0,26
021 Talcas	<0,5	0,18
022 Talcas		0,43
023 Talcas	2,58	0,2
024 Talcas	<0,5	0,23
025 Talcas		0,33
026 Talcas	<0,5	0,28
027 Talcas	2,34	0,23
028 Talcas	4,75	0,31
029 Talcas	5,24	0,33
030 Talcas	0,44	0,15
Promedio	2,86	0,25
Valor máximo	5,24	0,43
Valor mínimo	0,44	0,15

*Nota.* Fuente: Autoras

## Anexo 7: Resolución del ejercicio propuesto

$$L_{CO_2} = A * M_B * C_f * G_{ef} * 10^{-3}$$

### Cálculo de $CO_2$

#### Datos

$$A = 78 \text{ ha}$$

$$M_B = 27 \text{ ton/ha}$$

$$C_f = 0,55$$

$$G_{ef} = 1613 \pm 95 \text{ g/kg} \longrightarrow (1,613 \pm 0,095)$$

$$L_{CO_2} = 78 \text{ ha} * 27 \text{ ton/ha} * 0,55 * (1,613 \pm 0,095)$$

$$L_{CO_2} = 1868,33 \text{ ton}$$

$$L_{CO_2} = 110,04 \text{ ton}$$

### Cálculo de CO

#### Datos

$$A = 78 \text{ ha}$$

$$M_B = 27 \text{ ton/ha}$$

$$C_f = 0,55$$

$$G_{ef} = 65 \pm 20 \text{ g/kg} \longrightarrow (0,065 \pm 0,02)$$

$$L_{CO} = 78 \text{ ha} * 27 \text{ ton/ha} * 0,55 * (0,065 \pm 0,02)$$

$$L_{CO} = 75,29 \text{ ton}$$

$$L_{CO} = 23,16 \text{ ton}$$

## Cálculo de CH<sub>4</sub>

### Datos

$$A = 78 \text{ ha}$$

$$M_B = 27 \text{ ton/ha}$$

$$C_f = 0,55$$

$$G_{ef} = 2,3 \pm 0,9 \text{ g/kg} \longrightarrow (2,3 \cdot 10^{-3} \pm 9 \cdot 10^{-4})$$

$$L_{CH_4} = 78 \text{ ha} \cdot 27 \text{ ton/ha} \cdot 0,55 \cdot (2,3 \cdot 10^{-3} \pm 9 \cdot 10^{-4})$$

$$L_{CH_4} = \mathbf{2,66 \text{ ton}}$$

$$L_{CH_4} = \mathbf{1,04 \text{ ton}}$$

## Cálculo de N<sub>2</sub>O

### Datos

$$A = 78 \text{ ha}$$

$$M_B = 27 \text{ ton/ha}$$

$$C_f = 0,55$$

$$G_{ef} = 0,21 \pm 0,10 \text{ g/kg} \longrightarrow (2,1 \cdot 10^{-4} \pm 1 \cdot 10^{-4})$$

$$L_{CH_4} = 78 \text{ ha} \cdot 27 \text{ ton/ha} \cdot 0,55 \cdot (2,1 \cdot 10^{-4} \pm 1 \cdot 10^{-4})$$

$$L_{CH_4} = \mathbf{0,24 \text{ ton}}$$

$$L_{CH_4} = \mathbf{0,12 \text{ ton}}$$

## Cálculo de NO<sub>x</sub>

### Datos

$$A = 78 \text{ ha}$$

$$M_B = 27 \text{ ton/ha}$$

$$C_f = 0,55$$

$$G_{ef} = 3,9 \pm 2,4 \text{ g/kg} \longrightarrow (3,9 * 10^{-3} \pm 2,4 * 10^{-3})$$

$$L_{CH_4} = 78 \text{ ha} * 27 \text{ ton/ha} * 0,55 * (3,9 * 10^{-3} \pm 2,4 * 10^{-3})$$

$$L_{CH_4} = 4,52 \text{ ton}$$

$$L_{CH_4} = 2,78 \text{ ton}$$

**Nota:** para estimar el valor de la masa de combustible disponible para la combustión, se consideró realizar 16 muestras por cada 5 ha y dentro de estas 5 ha se estimó un área de 2 x 2 m<sup>2</sup>, obteniendo así el valor en kg/m<sup>2</sup>. En este ejemplo se toma un valor promedio de varios estudios que se han realizado dentro de los páramos para la obtención del combustible.